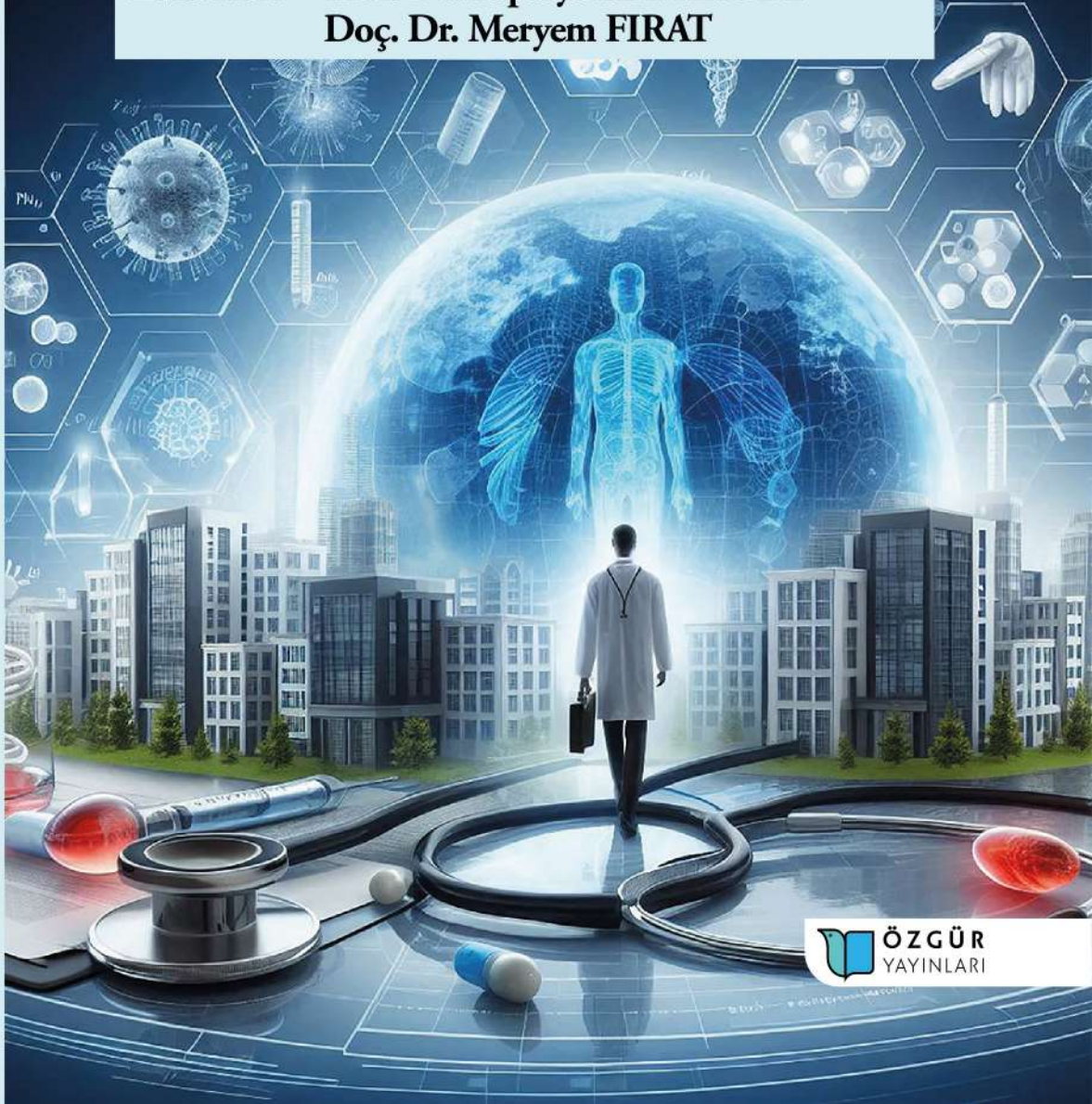


Sağlık Alanında Güncel Yaklaşımlar

Editörler: Prof. Dr. Papatya KARAKURT
Doç. Dr. Meryem FIRAT



ÖZGÜR
YAYINLARI

Sağlık Alanında Güncel Yaklaşımlar

Editör:

Prof. Dr. Papatya KARAKURT

Doç. Dr. Meryem FIRAT



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgur yayinlari.com

✉ info@ozgur yayinlari.com

Sağlık Alanında Güncel Yaklaşımlar

Editörler: Prof. Dr. Papatya KARAKURT • Doç. Dr. Meryem FIRAT

Language: Turkish-English

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-625-8554-94-6

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1126>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>. This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Karakurt, P. (ed), Fırat, M. (ed) (2025). *Sağlık Alanında Güncel Yaklaşımlar*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1126>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozgur yayinlari.com/>



Ön Söz

Bu kitap; toplumun her alanında sağlık hizmeti veren sağlık bakım profesyonellerinin kendi alanları ile ilgili sundukları ulusal ve uluslararası güncel yaklaşımları ele alan bir kitaptır. İnsanlığın varoluşundan beri değişen yaşamla birlikte, duyguları, değerleri, mesleki bilgi ve beceriyi içeren bakım hizmetini temel alarak, bireyin sağlık bakım gereksinimlerini karşılamaya yönelik hizmetler sunan yazarların yazdığı bir kitaptır.

Kitabın içeriğinde farklı sağlık disiplinlerinin kendi alanlarına özgü kanıta dayalı uygulamaları, ulusal ve uluslararası çalışma sonuçları, kronik hastalıkların bakım yönetimi ve alana farklı bir bakış açısıyla getirdikleri çalışmalar yer almaktadır. Lisans ve lisansüstü öğrencilerinin yanı sıra klinik/alan çalışanları ve akademisyenlerin de yararlanacağı düşünülmektedir.

“Sağlık Alanında Güncel Yaklaşımlar” kitabının hazırlanmasında değerli fikir ve görüşleriyle emeği geçen tüm yazarlara teşekkür ederiz.

Prof. Dr. Papatya KARAKURT

Doç. Dr. Meryem FIRAT

İçindekiler

Ön Söz

iii

Bölüm 1

Digital Transformation in Parent Support Programmes: Telehealth Applications 1

Amine Nur Arıkan

Ayçin Köycekaş

Yahya Ateşpolat

Müdüriye Yıldız Bıçakçı

Bölüm 2

Ektopik Gebelik: Tanısı ve Güncel Tedavisine Yaklaşım 33

Arif Caner Erdoğan

Bölüm 3

Kremalı Pastalarda *Staphylococcus aureus* Varlığı ve İzolatların Enterotoksijenik Özelliklerinin Araştırılması 47

Bilgenur Karaçor

Mehmet Elmalı

Bölüm 4

Biyomalzemelerle Sinyal Yolu Modülasyonu: Hücresel Mekanizmalardan Terapötik Uygulamalara 71

Bürke Çırçırılı

Mert Can Emre

Bölüm 5

Diyabetik Ayak Tedavisinde VAC (Vakuum Yardımlı Kapama) Uygulamaları 93

Cihan Adanaş

Sezai Özkan

Bölüm 6

Ocular Complications in Pediatric Intensive Care Units: Clinical Features and Care Considerations	107
---	-----

Elem Kocaçal

Bölüm 7

Yapay Zeka Destekli Bakım ve Beslenme Uygulamaları	123
--	-----

Ertuğrul Sarı

İlyas Ün

Bölüm 8

Sporcularda Egzersize Bağlı Oksidatif Stresin Önlenmesinde Üzüm Suyu ve Üzümden Elde Edilen Ürünlerin Rolü	139
--	-----

Esra Kuran

Eren Canbolat

Bölüm 9

Obezite Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar	153
--	-----

Mahir Coşkun

Azad Duman

Bölüm 10

Özel Gereksinimi Olan Çocuklarda İşitme Taramaları ve Odyolojik Değerlendirme Teknolojileri	165
---	-----

Merve Kandazoğlu Erdem

Betül Karabudak

Simge Erdal

Bölüm 11

Şiddet Eğitimi ve Merhamet Duygusu	177
------------------------------------	-----

Meryem Fırat

Burcu Demir Gökmen

Mine Cengiz

Bölüm 12

Pestisitler ve Oksidatif Stres	191
<i>Naime Çelik</i>	

Bölüm 13

Carbonic Anhydrase Inhibitors: Molecular Structures, Mechanistic Features and Therapeutic Applications	217
<i>Rauf Melekoglu</i>	
<i>Ayşe Sebnem Erenler</i>	

Bölüm 14

Development of Balance Functions in Childhood and the Importance of Balance Impairments	237
<i>Sanem Can Sarıoğlu</i>	
<i>Esra Buğra</i>	
<i>Deniz Uğur Cengiz</i>	

Bölüm 15

Prevention and Intervention Approaches for Balance Impairment During the Aging Process	253
<i>Sanem Can Sarıoğlu</i>	
<i>Esra Buğra</i>	
<i>Deniz Uğur Cengiz</i>	

Bölüm 16

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Bağlamında Ruh Sağlığı ve Hemşirelik Yaklaşımları	269
<i>Selen Özdemir</i>	
<i>Şeyda Yetginler Memiş</i>	

Bölüm 17

Skapula Kırıklarının Tedavisi	285
<i>Sezai Özkan</i>	
<i>Cihan Adanaş</i>	

Bölüm 18

Yaşlı Bireylerde Öz-Bakım Gücü, Öz-Şefkat ve Hemşirelik Yaklaşımları	295
<i>Şeyda Yetginler Memiş</i>	
<i>Selen Özdemir</i>	

Bölüm 19

Afetlerde Ulusal Medikal Kurtarma Ekiplerinin Rolü	307
<i>Ümit Topcuoğlu</i>	

Bölüm 20

Sağlık Çalışanlarında Mobbing ve Performansa Etkisi	319
<i>Ümit Topcuoğlu</i>	

Bölüm 21

Yüzeysel Venöz Tromboflebitte Güncel Yaklaşımlar	333
<i>Yasin Özden</i>	

Bölüm 22

Robotic Nursing in Elderly Care: AI-Supported Systems, Theoretical Frameworks, and Clinical Applications	339
<i>Zebra Güveren</i>	
<i>Gül Bülbül Maraş</i>	

Bölüm 23

Pediyatrik Akciğer Hastalıklarında Pulmoner Rehabilitasyon	355
<i>Ahmet Utuş</i>	

Digital Transformation in Parent Support Programmes: Telehealth Applications

Amine Nur Arıkan¹

Ayçin Köycekaş²

Yahya Ateşpolat³

Müdüriye Yıldız Bıçakçı⁴

Abstract

Telehealth is a broad digital model of service that encompasses diagnosis, assessment, monitoring, and education services, which became widespread during the COVID-19 pandemic. Parent education programs are one area in which the telehealth model is preferred. They are offered through synchronous models with professionals, asynchronous models with prerecorded content, or hybrid models. These models promote the parents' active involvement in the process. Telehealth interventions enable children to be monitored by their caregivers in their home environment and evaluated by specialists, creating a vital resource for ongoing monitoring of children. Telehealth applications for parents are supported through tele-coaching, video feedback, AI-based chatbots, and gamification methods. Parents generally report high levels of satisfaction with telehealth-based programs because of their accessibility, low cost, and the time they save. In addition, challenges include inequalities in accessing the technological tools and concerns about privacy. In conclusion, while telehealth has many advantages for parenting support, responsible use is essential.

- 1 Arş. Gör., İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Çocuk Gelişimi Bölümü; Doktorant, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, nur.arikan@inonu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-6360-2357
- 2 Arş. Gör., Artvin Çoruh Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Çocuk Gelişimi Bölümü; Doktorant, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, aycinkoycekas@artvin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8470-0394
- 3 Arş. Gör., Munzur Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Çocuk Gelişimi Bölümü; Doktorant, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, yahyaatespolat@munzur.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6768-7754
- 4 Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Çocuk Gelişimi Bölümü, mbicakci@ankara.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-8506-1616

Introduction

Digital technology today has permeated the lives of individuals in today's world. The integration of digital technology in the healthcare system has created a revolution in terms of accessibility and continuity (Harrison et al., 2025; Topol, 2019). This revolution, brought about by the advancements in information and communication technology, has made the geographical constraints null and void (Bashshur et al., 2020). Telehealth initiatives, at the forefront of this revolution, focus on making healthcare services accessible and quickly attainable (Mietchen et al., 2025; World Health Organization, 2010). Telehealth initiatives, in the midst of the COVID-19 pandemic, quickly gained popularity and one of the most demanded service deliverance patterns (Katakis et al., 2025; World Health Organization, 2022). Telehealth initiatives, particularly in the midst of the COVID-19 pandemic, due to social distancing and the usage of online platforms, have resulted in the requirement of telehealth initiatives, not just a substitute but a need (Smith et al., 2020). The popularity of telehealth initiatives, particularly in the midst of the COVID-19 pandemic, has given a new dimension and focus on the reliability and efficiency of telehealth initiatives, leading to a plethora of research in the area (Bashshur et al., 2020).

Telehealth refers to a wide range of applications that involve not only health-related applications in the area of diagnosis and treatment, but also other applications including assessment, evaluation, counseling, and education (WHO, 2010). Telehealth programs in this regard are part of the applications that are widely used in the area of psychosocial applications (Camden & Silva, 2021). The convenience it offers in the area of children's developmental stages is immense through the use of telehealth programs (Arshad et al., 2025; Sutherland et al., 2018). It has been reported that there is restricted access to developmental assessment and early intervention programs, particularly in the rural part of Türkiye (Ozturk Ertem et al., 2019). The program may allow parents in the rural part of the country to access programs and enable the early identification of developmental vulnerability (Tomris & Çelik, 2021). In this section, telehealth would be considered in terms of theory and different applications/advantages and disadvantages of telehealth would be explored through the literature. Moreover, the roles of telehealth in developmental assessment processes, involvement of parents, and applications for high-risk infant surveillance would also be explored.

1. The Concept of Telehealth

1.1. Definition and scope of telehealth

Telehealth refers to the healthcare system that makes it possible to provide healthcare from a distance through the use of information and communication technology (WHO, 2010). As mentioned, and as part of being a broader healthcare system, telehealth refers to the healthcare model that involves many facets of healthcare, some of which include diagnosis, treatment, rehabilitation, assessment, monitoring, and counseling (Macwilliam et al., 2021; WHO, 2010). Indeed, some of the factors that led to the development of many telehealth programs, especially due to the restrictions associated with accessing healthcare services physically, include limitations to accessing healthcare services physically that were brought about by the COVID-19 pandemic (Bashshur et al., 2020; Smith et al., 2020). Moreover, the development of new technologies has made it possible for there to be greater accessibility and prevalence of telehealth programs (Topol, 2019). The definition of telehealth is more extensive than the existing definition of telemedicine in that telehealth involves various psychosocial interventions like developmental assessment, early intervention, and mental health care (Bashshur et al., 2020; Camden & Silva, 2021). Developmental assessment in telehealth interventions is made possible by parental report, video observational assessment, and remote monitoring (Sutherland et al., 2018). The apps provide good ecological validity in terms of children's ecological environment assessment and communication with primary caregivers (Camden et al., 2020).

1.2. Types of telehealth applications

Telehealth interventions serve as a starting point to identify the framework of service delivery and methods of evaluation to use because telehealth interventions are provided in a synchronous, Asynchronous, or Hybrid manner (Bashshur et al., 2020; Camden & Silva, 2021).

- Synchronous telehealth programs include those that relate to personal interactions between individuals and medical officers using internet platforms in conducting their consultations directly on the internet platforms (Macwilliam et al., 2021). This interactive consultation on the internet platforms has emerged as one of the most popular programs during the general and developmental counseling phases (Camden et al., 2020; Sutherland et al., 2018).

- Asynchronous telehealth implementations enable the exchange of information as experts share the information with the parents without the need to have direct engagement (Bashshur et al., 2020). The parents are able to access the information recorded in a virtual platform and are able to gain knowledge through listening, viewing, and reading, and implement actions following the feedback from the experts by completing scales at home (de Nocker & Toolan, 2023). This method allows parents with young children to have flexibility (Camden & Silva, 2021).
- Hybrid models are approaches that incorporate the combination of both the synchronous and the asynchronous approach (Camden & Silva, 2021). The literature highlights that the hybrid approach enhances the validity of the assessment as it provides multiple dimension assessments within the developmental assessment (Sutherland et al., 2018). The mentioned approaches are recognized as amongst the sustainable approaches for developing nations, differing in technology infrastructure (WHO, 2022).

1.3. Advantages and disadvantages of telehealth applications

There are many advantages of telehealth. One of these advantages includes the ability to gain easier access to healthcare as well as its convenience for families in rural areas seeking specialists (Bashshur et al., 2020; Ozturk Ertem et al., 2019). Relating to the assessment of development, there is an ability to assess child-family interactions as well as child daily routine, which isn't possible in a clinic (Camden et al., 2020). This, therefore, plays an additional role in the complete child assessment (Sutherland et al., 2018). However, some pros of telehealth can also be identified. Telehealth poses some cons, especially in areas where the technology infrastructure is not suitable, thereby hampering the achievement of the desired benefits (WHO, 2022). Moreover, issues may arise regarding the remote implementation of some common tools used for developmental assessment, along with the related moral concerns regarding the accuracy of the data and the privacy process (Kodjebacheva, Culinski, et al., 2023; Macwilliam et al., 2021).

2. Telehealth in Developmental Assessment

Below, topics concerning digital assessment tools, reporting to parents, video-based assessment, observation via technology, and analysis in the natural environment will be explored in the context of the usage of telehealth apps.

2.1. Digital assessment tools

Telehealth services, which have been on the increase in the development assessment process, have also seen the rise of digital development assessments side by side (La Valle et al., 2022). By developing digital copies of development assessment tools, filling them electronically, and conducting development assessments electronically, it is possible to quickly determine development risks (Kodjebacheva, Culinski, et al., 2023). According to a study conducted by Esther et al. (2022) when it comes to telehealth sessions, it was seen that the parent appreciated the hybrid approach to service delivery implemented due to the pandemic, which allowed the assessment process to be started before a physical meeting.

It is also reported that there are acceptable levels of validity and reliability when these screening inventories are done online by parents. It is also mentioned that, alongside the feasibility of these instruments in large-scale screening programs, culture-fair versions should also be available, alongside norm studies (Camden & Silva, 2021; Ozturk Ertem et al., 2019).

2.2. Parent reporting and video-based assessment

Parent reports are believed to be one of the significant sources of the assessment and monitoring process of development (Glascoe, 2005). Parent reports in telehealth programs are measured through digital platforms using scales and forms (Camden et al., 2020). Studies have shown that parent reports prove to be reliable and an efficient way of adding to child development (Kodjebacheva, Culinski, et al., 2023). Video-based assessments would allow for the analysis of a child's behavior in a home setting (Sutherland et al., 2018). Video analysis by professionals would allow for flexibility in terms of analyzing children's social-communication skills, play skills, as well as the level of parent-child interaction (de Nocker & Toolan, 2023). Ke et al. (2024) conducted an investigation on the administration of the DAYC-2 in high-risk infant groups using telehealth versus the face-to-face administration of the BSID-IV. There was no discrepancy between the patients in the telehealth group, DAYC-2, and the face-to-face group, BSID-IV, in terms of starting early interventions, as it resulted in the same clinical outcome.

2.3. Remote observation and natural environment analysis

The observation of children's natural settings in the developmental assessment is grounded in ecological systems theory (Bronfenbrenner, 1979). It is claimed that assessments of children's natural settings will provide more

realistic and valid outcomes regarding the child (Camden & Silva, 2021). It is claimed that telehealth programs fulfill the aspects as highlighted in the ecological framework in regard to allowing children's home settings to be assessed (Sutherland et al., 2018). Telemedicine applications facilitate developmental assessment of children in remote settings (de Nocker & Toolan, 2023). It has been found in research that remote observations and assessments are similar to those conducted in face-to-face sessions, which confirms its validity as a mode (Kodjebacheva, Culinski, et al., 2023). Telehealth presents distinct opportunities for observing children in their natural home settings. Chan et al. (2020) pointed out that healthcare practitioners can observe children in their natural settings, which may be more representative of children's developmental abilities and behavioral issues.

2.4. Telehealth in developmental delay and high-risk infant monitoring

It is essential to monitor and evaluate the developmental stages to be effective in early intervention (Guralnick, 2011). The importance of the resource that telehealth programs serve to children from birth to enable continuous monitoring and feedback (Camden & Silva, 2021) cannot be overemphasized. Studies show that telehealth-based developmental assessment and monitoring tools improve parental satisfaction and ensure continuation (Sutherland et al., 2018). As such, the role of telehealth-based programs has been emphasized as critical for the detection of developmental delay and early intervention (WHO, 2022). Among other observations, through their research, Schmidt et al. (2024) reported that parents experience ambivalence and helplessness before the diagnosis and also experience the need for education and information during this stage. On the other hand, through their research, Shin et al. (2025) observed that the intervention provided through telehealth for infants and young children aged 0 – 3 with developmental disabilities or high risk was similarly or more effective than traditional interventions.

3. Telehealth in Parent Support Programs

In the developmental assessment process, it is important for the child's primary caregivers to play an active role in the process for it to progress in a healthy and correct manner (Guralnick, 2011). Family-centered approaches indicate that parental involvement in the assessment process has a positive impact on outcomes (Dunst & Espe-Sherwindt, 2016). Telehealth applications encourage parents to actively participate in the assessment

process and ensure that the process is conducted in a more dynamic manner (Camden et al., 2020). Thanks to telehealth, parents can share information about their children's daily routines and provide direct support in terms of data provision (de Nocker & Toolan, 2023). This allows parents to gain more information about their children's development while controlling the progress of the process in a more conscious manner (Akhbari Ziegler & Hadders-Algra, 2020; Dunst & Espe-Sherwindt, 2016). Maitre et al. (2021) reported that parent satisfaction in telehealth applications was over 90%, while Esther et al. (2022) found that 92% of parents/caregivers were satisfied with the services their children received and 64% believed their children felt comfortable during their telehealth appointments. The use of telehealth not only in the assessment process but also within the scope of intervention enables caregivers to play an active role in children's development. Studies have also indicated that parents' self-efficacy is an important determinant of the success of early intervention (Dunst & Espe-Sherwindt, 2016). In this context, various intervention programs have been developed to support parents.

3.1. Tele-coaching programs

Coaching is an adult learning approach that supports the mentee's ability to think about their actions, determine the impact of an action or procedure, and create an action plan to improve and apply that action in current and future situations. When coaching parents, the role of the coach is to help them identify their priorities for child development and what they currently know and do regarding their child's progress, share new insights and ideas, and then work collaboratively to support the child's engagement and expression of interest in daily settings. Coaching is also useful in helping parents identify, access, and evaluate the resources they need for their children and families. Coaching parents helps strengthen their confidence and competence in promoting their children's development and learning within the context of daily routines and activities (Rush et al., 2020). Thus, coaching, when used in family-centered interventions implemented by parents, increases the capacity of the family to participate as an equal and active partner in the process of intervention and develops their ability to make informed decisions. The core elements of coaching that uses a relationship-focused, family-centered intervention approach are being reflective and collaborative rather than directive; respecting parents' priorities; and building the intervention on what parents already know and do (Akhbari Ziegler & Hadders-Algra, 2020). During the COVID-19 pandemic, virtual health services were rapidly adopted globally, and the benefits of virtually delivered interventions were

observed (Hippman et al., 2025). Increased accessibility of technology and the shift to remote services in 2020 due to the pandemic increased the use of virtual coaching via resources such as video conferencing or telephone. Tele-coaching for parents can be delivered through a two-way communication system that is either video or audio only; through instructional audio or video; or through a hybrid approach combining these two methods (Alatar et al., 2025). Telehealth services are becoming increasingly widespread, removing access barriers for many families and professionals and providing more and more economical service delivery in the coming years (Rogers et al., 2021).

Coaching has five application features that enable the achievement of intended outcomes: joint planning, observation, action/implementation, reflection, and feedback. Joint planning involves the coach and mentee agreeing on the steps or application opportunities they will take between coaching sessions. Observation is the examining of another person's practices or actions that a mentee can use to gain new skills, strategies, or insights. Action/implementation refers to spontaneous or pre-planned events that happen in real-life contexts and that provide the mentee with an opportunity to apply, develop, or examine a new or current skill. Reflection is the analyzing of current skills that a mentee can use to identify whether strategies are in line with the evidence-based practices and whether these strategies need to be applied without any changes or modifications to achieve the aimed outcomes. Feedback is provided by the coach based on their direct observations of the mentee, actions reported by the mentee, or shared information, and serves to expand the mentee's current level of understanding regarding a specific evidence-based practice or to validate the mentee's thoughts or actions related to the intended outcomes (Rush et al., 2020). Feedback can be provided verbally, in writing, or via video while interacting with the caregiver or afterward. Coaching is traditionally conducted in natural settings such as the home or classroom to help apply the skills learned. With tele-coaching, parents who learn strategies and acquire new skills become the implementers of the intervention process in the home environment. In the Parents in the Early Start Denver Model (P-ESDM) parent coaching program, parents were taught developmental and relationship-based principles using video conference sessions and website learning tools, and an increase in children's social communication skills was observed (Vismara et al., 2018). ImPACT Online is a parent-mediated telehealth intervention program that uses developmental-behavioral intervention methods to target the development of social communication skills. Improvements were observed in the self-efficacy, stress levels, and positive perceptions of their children among

parents participating in the program, as well as in the social and language skills of the children (Ingersoll et al., 2016). The program has the potential to increase access to parent-mediated intervention for families of children with autism spectrum disorder (Ingersoll & Berger, 2015).

3.2. Video feedback-based programs

Video feedback-based interventions may differ in terms of their primary therapeutic goal (e.g., parental perceptions, parent-child behavior, or quality of communication) and theoretical foundations for psychological change (e.g., parental sensitivity or reflective functioning, reinforcement of positive experiences, or recognition of negative patterns). Attachment theory-based intervention programs have been developed to increase parents' sensitivity toward their children using video feedback (Rusconi-Serpa et al., 2009). Attachment-based interventions using virtually administered video feedback have been found to be more effective overall than interventions without video feedback. Family interventions that use video feedback as a therapeutic tool have been shown to have a positive effect on parenting behavior and parental attitudes, as well as positive effects on children's development. One of the most evidence-based attachment-based interventions is the Video Feedback Intervention to Promote Positive Parenting (VIPP). This intervention has been adapted into VIPP-SD ("Video Feedback Intervention to Promote Positive Parenting and Sensitive Discipline"), VIPP-AUTI ("Video Feedback Intervention to Promote Autism-Adapted Positive Parenting"), and VIPP-Co ("Video Feedback Intervention for Co-Parents of Infants at Risk for Externalizing Behavior Problems"). Another video feedback intervention with evidence from randomized controlled trials is AVI ("Attachment-Based Video Feedback Intervention") (Hippman et al., 2025). In weekly AVI sessions, video recordings of parent-child interactions during free or semi-structured play or caregiving situations are made, and feedback is provided to the parent. AVI aims to reduce inappropriate behaviors in children as well as develop responsive parenting behaviors. Therefore, video feedback-based interventions can be incorporated into child protection systems as they may increase protective factors for children (Eguren et al., 2023).

3.3. Mobile app-based parenting programs

Online parenting support programs may include services delivered via telehealth, as well as parents' self-directed or coach-supported participation in parenting education program content via computer or mobile device. The widespread implementation of online parenting interventions increases access to high-quality parenting support at a lower cost for both users and

providers (Hails et al., 2025). Telehealth services in the form of mobile applications provide guidance to parents by giving them access to clinical expertise. The simultaneous and asynchronous communication options in the mobile app make its functions easily accessible, making parents feel secure. Through video conferencing sessions, parents feel appreciated for their parenting skills and observations about their children (Garne Holm et al., 2019). Mobile parenting apps can be used for developmental tracking, vaccination/nutrition reminders, developmental activity suggestions, video training modules, and microlearning (short texts/videos). Programs designed to be interactive and accessible are particularly important for parents who are active internet users. The use of technology in parenting programs also allows for tracking how, when, and how much parents use the application (Breitenstein et al., 2016). Examples of applications that support infant care include Newborn Baby Care Support, Me & My Baby, mDad, DadTime, and BabyMind. There are also applications such as WIC Nutrition Education, the Pregnancy and Infant Encyclopedia, and the Growing Healthy, which aim to support parents in providing healthy and nutritious foods for their babies (Virani et al., 2021). Mind in the Making (MITM) and Vroom are programs that aim to develop learning and executive function skills in caregivers and children using developmental research information (Galinsky et al., 2017). Some early childhood development tracking apps with high user ratings in major app stores include babyTRACKS, Child GrowthTracker, The Wonder Weeks, BabySparks, Kinedu, BabyConnect, Glow Baby App, Baby Daybook, Baby Tracker, Growth, Huckleberry, Thrive by Five, and Bebbio Parenting App (Tripathi & Abdullaevna, 2024).

3.4. Game-based digital interaction programs

In addition to virtual and mobile applications, it is also possible to gamify parent education. Gamification is defined as the application of game design elements and principles such as scoring, feedback, levels, leaderboards, challenges, badges, avatars, competition, and collaboration in non-game contexts to increase user participation, learning, and behavior. For example, there could be a reward system earned by using strategies to encourage the application of parenting skills (Love et al., 2016). Some parents may find it easier to learn by playing than by reading information, while others may find it complicated. When users use the program together, talking and discussing topics can help them understand different perspectives. Gamification elements can encourage collaborative thinking while making parent education enjoyable (Kokkinen et al., 2024). The Milk Man app, which aims to support the role of partners during breastfeeding, uses

gamification elements such as leaderboards, badges, and points to encourage both social interaction among users and the use of the digital library. Users can earn points by participating in forums and reading articles, allowing them to view the leaderboard rankings (White et al., 2016). Triple P Online, which focuses on positive parenting, is an interactive, web-based program. It encourages the implementation of positive parenting strategies through a reward badge system and reduces stigma by allowing participants to create a virtual identity that promotes peer support while maintaining anonymity. Such gamification elements have been shown to increase motivation (Love et al., 2016). Gamification methods, such as earning badges for completing content in online programs, support program participation and retention (Turner & Sanders, 2025).

3.5. Artificial Intelligence (AI)-based parenting programs

Smart software tools, chatbots, and tele-coaches can be integrated with various health platforms and applications. Virtual chatbots are AI-based tools that communicate with users by mimicking human interactions and possess personalized natural language processing capabilities. Chatbots are typically accessed through virtual assistants, messaging applications, or organizations' applications and websites. Chatbots can provide the support parents need by answering basic questions 24/7 and reinforcing motivational communication. They can meet the immediate needs of users who require constant support, such as parents of children with special needs, but there is a risk that artificial intelligence may mislead them with hallucinatory information. It is important to have expert oversight, as parents may have to deal with complex and overwhelming health information (Bui et al., 2022; Ivanovic & Semnic, 2018).

Artificial intelligence can provide emotional and practical support, accessible and affordable solutions by enabling users to access community resources. NurtureBot is a well-being support assistant developed for new parents. The chatbot is designed to provide parenting information by focusing on active listening and providing emotional support, avoiding judgment and giving any advice (Viswanathan et al., 2025). Another parenting chatbot intervention, based on the Incredible Years parenting program's introductory module, has a knowledge engine trained by researchers and psychologists to teach parents how to use positive attention and praise to encourage positive behaviors in their children. It analyzes the content of conversations using artificial intelligence to respond to users' questions and reported emotions. Users have been found to engage meaningfully with chatbots. The use of

artificial intelligence programs is a unique and innovative way to increase accessibility to parenting education (Entenberg et al., 2023).

3.6. Digital group-based parent support programs

Synchronous digital health technologies refer to the use of audio, video, and health information interfaces to facilitate the remote and real-time delivery of healthcare services. Synchronous digital health technologies have also been found to improve caregivers' quality of life, psychological health, satisfaction with care, and social support (Bird et al., 2019). Digital intervention programs can include tips/videos on how parents incorporate what they learn into their daily routines and busy lives, tips and resources on how children can use what they learn in play with siblings and peers, success stories from parents to encourage other parents, inspiring information, game ideas, and experience sharing such as a forum where parents can exchange ideas and discuss how to motivate each other can facilitate peer learning and reduce parents' feelings of isolation (Wainer et al., 2021). Internet-based peer groups and interventions are used to support the transition to parenthood or to cope with stressful events in parenting. Despite geographical distance or time zone differences, both mothers and fathers receive up-to-date information support from their peers and are satisfied with being part of a group with other parents in similar situations (Niela-Vilén et al., 2014).

Parents who participated in the eight-session Group Triple P Positive Parenting Program delivered via video conferencing reported improvements in their children's behavior and a reduction in parental stress. Parenting programs delivered via video conferencing technology may be an effective way to provide evidence-based services to families with special needs (Reese et al., 2012). Group Lifestyle Triple P is an evidence-based parenting intervention that aims to encourage parents of overweight and obese children aged 5-10 to promote a healthier lifestyle in their families. In sessions conducted via the digital platform Zoom, parents reported positive changes in their own abilities and in their children's abilities to manage nutrition and physical activity (Canário et al., 2025). The online application of Helping Our Toddlers, Developing Our Children's Skills (HOT DOCS), a behavioral parenting education program for challenging behaviors seen in children aged 0-5, has been found to be equally effective compared to face-to-face implementation (Agazzi et al., 2021). Participants in the six-session HOT DOCS telehealth adaptation stated that connecting directly to online training without wasting time was more convenient and easier, and more accessible than being physically present anywhere (Agazzi et al., 2023).

3.7. Use of Telehealth Applications by Clinical Setting

Telehealth is defined as the clinical support of remote healthcare services (WHO, 2022). It supports family-centered early intervention services through remote consultation and can thus mitigate the impact of service provider shortages in underserved areas. Telehealth services are not designed to replace face-to-face services but offer a valid alternative when face-to-face services are not possible. With telehealth, therapeutic techniques that support the child's development by identifying learning opportunities in their natural environment can be integrated into their daily routines, and specialists and families can work together (Cason, 2011).

3.7.1. Telehealth applications in developmental delay and high-risk infant monitoring

Neurodevelopmental monitoring is critically important for high-risk infants discharged from neonatal intensive care and is traditionally conducted face-to-face between nurses, healthcare providers, therapists, patients, and parents. Disruptions to regular monitoring due to the COVID-19 pandemic have necessitated the development of telehealth models to provide effective and standardized care (Maitre et al., 2021). Telehealth services have the potential to increase access to treatment, reduce diagnostic waiting times, and assist in the monitoring of neurodevelopmental disorders. Therefore, the use of telehealth services for follow-up should be considered as a clinical approach for assessment, treatment, and monitoring (Valentine et al., 2021). Neonatal home care for preterm infants is a method of supporting families and monitoring infant development in the home environment. Telehealth can be used to provide remote specialist neonatal care using online communication methods. Neonatal tele-home care further strengthens the parent-infant relationship by supporting the parent's role as the primary caregiver. Parents feel that their independent decision-making processes increase during neonatal tele-home care. Planning the baby's feeding in collaboration with neonatal tele-home care nurses facilitates the provision of family-centered care for families with clinically stable premature infants. These effects suggest that neonatal tele-home care can be a supportive practice for parents during the transition of premature infants from the neonatal intensive care unit to home (Garne Holm et al., 2019). Assessing the baby in their own home, in their natural environment with their own toys, offers advantages over the clinic and reduces family anxiety during the transition from hospital to home. Remote monitoring, such as video-based feeding analysis and sleep pattern recordings, saves time for early intervention.

3.7.2. Telehealth applications in neurodevelopmental disorders (ASD, ADHD, language and motor delays)

Telehealth technologies are increasingly being used for the treatment and follow-up of neurodevelopmental disorders. Autism Spectrum Disorder (ASD) and Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), the most common neurodevelopmental disorders, are the focus of telehealth in the neurodevelopmental field (Valentine et al., 2021). Tele-rehabilitation programs enable the delivery of a wide variety of neuropsychological, motor, speech, and communication interventions. In parent-mediated interventions, the specialist trains the parent, not the child, and the parent takes on the role of therapist. In cases of language delays, speech and language therapists can also teach parents strategies for providing language input (such as modeling and expansion). For motor delays, physical therapy-based tele-rehabilitation can also be applied. In this way, new technologies save significant time and costs by shortening hospital stays and offer the rehabilitation process at home, in a more ecological environment, thereby strengthening the generalization of the skills acquired (Del Luchese et al., 2024). Providing training services to caregivers via telehealth has certain advantages over face-to-face services, as it increases parents' access to qualified autism specialists, reduces the need for parents or practitioners to attend appointments, and allows caregivers to access important services at a lower cost (Alatar et al., 2025). Findings from studies conducted with parents of children with autism suggest that adding an interactive remote coaching component could be a desirable and, for some, critical element of successful telehealth parent education programs for families in need of this service. Some parents have indicated that receiving immediate feedback or coaching from a specialist clinician would be a beneficial addition to the program. A hybrid telehealth service delivery model combining internet-based education with remote coaching has been found to be acceptable, usable, and effective (Wainer et al., 2021).

3.7.3. Telehealth applications for behavioral-emotional problems

Telemedicine technologies enable behavior analysts living anywhere in the world to provide services to families living in different regions through remote coaching. For example, if families affected by natural disasters and forced to relocate have access to the internet and smartphones, access to these services can truly improve the process (Tsami et al., 2019). Various studies support the feasibility and effectiveness of parent coaching interventions delivered in a virtual environment in improving disruptive behaviors, anxiety, and parent-child relationships in children. Online behavioral family intervention programs have a positive effect on children's disruptive behavior problems

and parents' parenting, anger, and stress regulation skills (Flannery et al., 2021; McAloon & Armstrong, 2024). However, there is a significant gap in the literature regarding the implementation of attachment-based parenting coaching interventions in virtual settings. Attachment-focused interventions have been shown to increase attachment security in young children, enhance parental sensitivity, and improve emotional regulation skills. Virtual parenting coaching can also be an effective approach, particularly for children under six years of age experiencing behavioral difficulties (Hippman et al., 2025). Providing support to parents of adolescents at risk of developing behavioral problems through internet-based interventions has also been found to be beneficial (Wetterborg et al., 2019). Providing advice and support to parents through online support programs reduces children's behavioral and emotional problems and improves parents' mental health (Palmer et al., 2023; Thongseiratch et al., 2020). It has been found that online programs adopting a learning theory perspective are more likely to have the strongest effect on behavioral problems in children, while online programs adopting parental self-care and parent-therapist approaches are more likely to have the strongest effect on emotional problems in children (Canário et al., 2025).

3.7.4. Telehealth applications for children with chronic illnesses

Parents of children with chronic illnesses must manage daily routines and cope with various stress factors related to their children's health, such as emotional difficulties. Interventions are needed to support parents experiencing such difficulties. However, some parents often face difficulties participating in interventions due to barriers such as travel time, distance and costs, arranging childcare, and taking time off work. Online support interventions are vital for these families. Focusing on parents rather than children in an online psychosocial group intervention and allowing parents of children with rare diseases to participate has been shown to increase the effectiveness of the intervention, reducing parents' anxiety and depression levels and improving their coping skills after the intervention (Douma et al., 2020). Parents of children with chronic conditions and developmental disabilities experience high rates of burnout syndrome and psychological distress. Interventions delivered via the internet and video conferencing technology can be offered as a viable alternative for psychological support and self-care for parents of children with chronic conditions. Such psychosocial support can prevent parents from experiencing caregiver burnout by helping them acquire stress management skills (Lappalainen et al., 2021).

Telehealth integrates traditional hospital care with modern healthcare services using digital devices, particularly for children with chronic

conditions such as asthma, diabetes, and cancer. Telehealth platforms provide families with easy access to virtual counseling sessions, support groups, and educational resources, while also offering children valuable peer support groups that connect them with other children sharing similar experiences. This opportunity is crucial for children who need a safe space to communicate with others who understand their struggles and offer mutual support. Thus, managing chronic illness for the family can become less stressful and more enjoyable by providing access to resources and support from home (Shamsi, 2024).

4. Effectiveness of Telehealth-Based Programs

With the rapid advancement of technology, changes in technical infrastructure and health policies, digital-based applications are becoming increasingly preferred in all areas, including healthcare. This concept, which has entered our literature as telehealth in the healthcare field, is seen to be included within the scope of parent support programmes. The personalised, easily accessible and flexible nature of telehealth programmes has made them a focus of increasing interest in recent years. When considering the effectiveness of telehealth-based programmes, telehealth research, parental perceptions, programme cost and accessibility, and programme limitations are taken into account.

4.1. Research on telehealth programs

It is known that parent support programmes within the scope of telehealth have been the subject of numerous studies in recent years and are used to support parents (Ezeamii et al., 2025). Telehealth is an application that provides easy access to medical facilities for everyone living in rural or urban areas, helps to take precautions without having to go to an institution/organisation in case of any problem, and continues to monitor and evaluate on an individual basis. In addition, it can be considered as a service package that reduces costs and provides time efficiency (Catalyst, 2018; Cruise, 2025; Ezeamii et al., 2025; Sharma et al., 2022).

Telemedicine-based parental intervention programmes are used as an important tool in supporting parenting skills. The use of parental intervention programmes via telemedicine positively supports parents' psychological health. The GenerationPMTO (GenPMTO) telehealth programme developed for this purpose has been recognised as effective for parents in the US state of Michigan (Holtrop et al., 2025). Telehealth programmes can be used for children with behavioural problems as well as children with special needs. The telehealth programme called "ATHENA" is used with

parents of children diagnosed with autism spectrum disorder. Through this programme, parents are supported in taking a more active role in daily routines with their children and strengthening their parenting behaviours (Gentile et al., 2022). Unlike telehealth studies aimed at supporting parents, systematic reviews and meta-analyses indicate that these interventions have a moderate effect on emotional and behavioural problems in children, with positive outcomes being identified (Canário et al., 2025; Pan et al., 2023).

4.2. Parental views on telehealth applications

Parents' views on telehealth programmes are explained through a wide range of topics, including the ease of use of the programme, perceived quality of care, and satisfaction. Research findings indicate that telehealth programmes designed to support parents are generally well-liked, accepted, and highly satisfactory (Gudipudi et al., 2024; Smith et al., 2023). The ease of access, reduced cost, and time savings for parents are among the most frequently cited reasons for satisfaction (Galvin et al., 2024). The flexible nature of telehealth, allowing for practice in the home environment, is seen as an advantage. It is also preferred more because it supports family routines and parent-child interaction/relationship (Smith et al., 2023).

Alongside satisfaction with telehealth, parents also have concerns. Some of these concerns include the perception that online consultations and interventions result in lower quality outcomes compared to face-to-face interactions (Kodjebacheva, Tang, et al., 2023). Parents also state that there may be misunderstandings during online consultations in cases involving high-risk children or more complex cases (Bourke et al., 2023). In addition, the most common parental problems encountered in telehealth programmes are explained as infrastructure problems and the inability to fully provide technical capabilities (Smith et al., 2022). It is recommended that initial consultations be conducted face-to-face to build parental trust, followed by telehealth-based interventions depending on the parent's circumstances (Cheung et al., 2023).

4.3. Cost and accessibility of telehealth programmes

The most powerful feature of telehealth programmes is said to be their accessibility. They are seen as a valuable programme for modern medical/health services in the technological age, offering significant benefits in terms of accessibility, particularly during the Covid-19 pandemic (Quayson et al., 2024). Issues such as access to services in rural areas and time constraints are made easier with telehealth programmes (Goldwater & Harris, 2025). The lower cost compared to face-to-face programmes is one of the criteria

for parents' preference. While the cost is not considered low in the short and medium term, it is stated that preventive support programmes are more cost-effective in the long term. However, studies evaluating the cost from different perspectives, such as health, family, community, and transportation, are limited (Gentili et al., 2022). It is also important that telehealth programmes can be measured and evaluated more quickly and at a lower cost (Goldwater & Harris, 2025).). However, the cost aspect must be considered in a multidimensional manner, taking into account costs such as the programme development cost and parental training (de Oliveira et al., 2023; Gentili et al., 2022).

4.4. Limitations of telehealth programs

Despite their many positive aspects in healthcare, telehealth programmes also have limitations. While telehealth programmes promote technological infrastructure and technology dependency, they can also cause many problems due to inequalities in access to technological infrastructure (Bouabida et al., 2022). Variations in parents' knowledge and awareness regarding technology access and literacy in families with low socio-economic status limit the effective use of telehealth programmes (Curfinan et al., 2022; Samuels-Kalow et al., 2024). The quality of internet connection, lack of devices, and technical issues affect parents' ability to receive support from telehealth programmes, leading to decreased satisfaction and negative perceptions (McQueen et al., 2022). Parents experience privacy and confidentiality concerns regarding the process they undergo in telehealth programmes. In this context, face-to-face interaction highlights the difference in participation, honesty, and sincerity compared to interaction with telehealth programmes (McQueen et al., 2022). Although telehealth programmes have proven effective in the field in which they were developed, face-to-face interaction is more important in more complex and urgent critical situations. At this point, telehealth programmes are not appropriate in all cases and processes (Holtrop et al., 2025).

5. Ethical and Legal Processes of Telehealth Programs

In parent support programmes, the ethical and legal processes of telehealth are also addressed in a multifaceted manner, including the professional-parent relationship, confidentiality, privacy, data security, child protection, and parental responsibilities.

5.1. Data security and privacy

In telehealth programmes, attention must be paid to data security to ensure that personal data contains confidential information relating to the parent-child relationship. In mobile telehealth programmes, data security and privacy issues arise due to insufficient compliance with security guidelines and legal restrictions regarding encryption and authentication mechanisms (Papageorgiou et al., 2018). Personal data is protected under the GDPR in Europe and the KVKK in Turkey, and appropriate legal grounds and information/consent processes are mandatory for data processing (Information Commissioner's Office, 2025; T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete, 2016). Today, different models and encryption types are being developed for data security and privacy using current methods (Wenhua et al., 2024). In addition, self-assessment forms have been developed for the privacy and security of telehealth programmes, thereby identifying security vulnerabilities and taking measures to address them (Feal et al., 2020).

5.2. Privacy

Consultations in telehealth programmes usually take place in the parent's environment, i.e. at home. There is also a risk to privacy in consultations that take place at home. Specialists in telehealth programmes must first explain the criteria established for confidentiality and privacy during the initial consultation and obtain consent. In consultations with children, the legal guardian must give permission for the necessary video and audio recording and for the confidentiality of the topics discussed (Pasternak et al., 2023).

5.3. Child protection principles

In telehealth programmes aimed at supporting parents, the principles are similar to those applied face-to-face by specialists. Due to their technological infrastructure, telehealth programmes require greater sensitivity. In particular, in cases of child neglect and abuse, face-to-face consultations outside of telehealth programmes are essential. Attention should be paid to recognising the signs of behavioural problems in child protection (Raz et al., 2024). However, in telehealth programmes, the expert should focus on the words and behaviour of the child and parent during the consultation and initiate the child protection process when deemed necessary (WHO, 2021).

5.4. Responsibilities of telehealth specialists

The specialist must choose secure platforms for telehealth programmes, explain telehealth and the programme clearly and comprehensively, provide

accurate guidance, arrange face-to-face consultations when necessary, pay attention to data reliability and confidentiality principles when recording data, and be aware of the laws and legal processes related to telehealth (Curfman et al., 2022). The specialist is expected to establish a positive relationship with the parent in order to turn the disadvantages of virtual consultation into advantages. This helps the parent to trust and behave more openly and comfortably. With these approaches, the specialist acts in accordance with legal and ethical processes, fulfils their ethical responsibilities, and reduces legal risks (Traynor et al., 2024). The specialist should collaborate with the parent and plan the programme process together with them. Interdisciplinary collaboration should also be ensured by seeking support from specialists in other fields (Lee et al., 2024; Pozniak et al., 2024).

6. Conclusion

In today's world, digital technology has gained significant prominence, and during the COVID-19 pandemic, telehealth programmes have rapidly expanded to become one of the most sought-after service models. Telehealth encompasses a broad framework that includes not only diagnostic and treatment services but also assessment, monitoring, counselling, and education services. Telehealth programmes can be delivered in synchronous models, where healthcare professionals meet with individuals in real time; asynchronous models, where pre-prepared content is delivered; and hybrid models, which combine both methods. These applications offer sustainable options depending on technological infrastructure differences and encourage active parental participation in the assessment process. As telehealth programmes increase, digital developmental assessments are also on the rise; the validity and reliability of developmental screening inventories completed by parents in a digital environment are acceptable. Video-based assessments allow for the analysis of children's behaviour in the home environment, offering specialists flexibility in determining social communication, play skills, and parent-child interaction levels.

Telehealth offers unique opportunities to observe children in their natural home environments, addressing key points emphasised by ecological theory and serving as an important resource for continuous monitoring from birth onwards. Parent support programmes can be delivered through tele-coaching, two-way video or audio communication, instructional videos, or a combination of these methods. Among these supports, programmes based on attachment theory and using video feedback, as well as interventions aimed at increasing parental sensitivity, are being developed. In addition, artificial intelligence-based tools such as virtual chatbots and gamification

methods involving scoring, levels or leaderboards are also being used to increase user participation and learning. Parents' views on telehealth programmes are generally positive; the programme's ease of use, perceived quality of care, and high satisfaction are noted. Ease of access, reduced costs, and time savings are prioritised reasons for parents reporting satisfaction. It is noted that preventive support programmes implemented over the long term are more cost-effective. However, in telehealth, issues may arise due to inequalities in access to technological infrastructure, privacy concerns, and urgent/critical cases. Particular attention must be paid to data security, encryption, and identity verification mechanisms due to the existence of confidential information regarding parent-child relationships. It is imperative that specialists choose secure platforms, clearly explain the telehealth programme, comply with data reliability and privacy principles, provide face-to-face consultations when necessary, and be aware of legal processes. Consequently, although telehealth is an application with many advantages for supporting parents, it is important to exercise caution when using the programmes.

7. References

- Agazzi, H., Yıldız Bıçakçı, M., Köycekaş, A. (2023). "HOT DOCS Transatlantic ®: Cultural & Linguistic Adaptations of a US Behavioral Parent Training Program for European Families", 5-8 July 2023, 44th Annual Conference of the International School Psychology Association (ISPA), Book of Abstracts, 53.
- Agazzi, H., Hayford, H., Thomas, N., Ortiz, C., & Salinas-Miranda, A. (2021). A nonrandomized trial of a behavioral parent training intervention for parents with children with challenging behaviors: In-person versus internet-HOT DOCS. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, 26(4), 1076-1088.
- Akhbari Ziegler, S., & Hadders-Algra, M. (2020). Coaching approaches in early intervention and paediatric rehabilitation. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(5), 569-574.
- Alatar, W., Knott, F., & Loucas, T. (2025). The effectiveness of telemedicine in coaching parents of autistic children using naturalistic developmental early interventions: A rapid review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 12(2), 273-289.
- Arshad, S., Butt, G. A., Arif, T., Rubab, M., Shah, S. A. H., & Rasool, F. (2025). Knowledge of Tele-Practice Among Health Professionals Working with Developmental Delayed Child. *Journal of Health, Wellness, and Community Research*, e373-e373. <https://doi.org/https://doi.org/10.61919/pgasme96>
- Bashshur, R., Doarn, C. R., Frenk, J. M., Kvedar, J. C., & Woolliscroft, J. O. (2020). Telemedicine and the COVID-19 Pandemic, Lessons for the Future. *Telemedicine and e-Health*, 26(5), 571-573. <https://doi.org/10.1089/tmj.2020.29040.rb>
- Bird, M., Li, L., Ouellette, C., Hopkins, K., McGillion, M. H., & Carter, N. (2019). Use of synchronous digital health technologies for the care of children with special health care needs and their families: scoping review. *JMIR pediatrics and parenting*, 2(2), e15106.
- Bouabida, K., Lebouché, B., & Pomey, M.-P. (2022). Telehealth and COVID-19 pandemic: an overview of the telehealth use, advantages, challenges, and opportunities during COVID-19 pandemic. *Healthcare*,
- Bourke, A., O'Connor, U., Boyle, B., Kennedy, J., & Lynch, H. (2023). Bringing therapy home: Exploring parents' experiences of telehealth for children with developmental coordination disorder. *British Journal of Occupational Therapy*, 86(10), 714-722. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/03080226231181018>
- Breitenstein, S. M., Fogg, L., Ocampo, E. V., Acosta, D. I., & Gross, D. (2016). Parent use and efficacy of a self-administered, tablet-based parent training

- intervention: a randomized controlled trial. *JMIR mHealth and uHealth*, 4(2), e5202.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard university press.
- Bui, T. A., Pohl, M., Rosenfelt, C., Ogourtsova, T., Yousef, M., Whitlock, K., Majnemer, A., Nicholas, D., Epp, C. D., & Zaiane, O. (2022). Identifying potential gamification elements for a new chatbot for families with neurodevelopmental disorders: user-centered design approach. *JMIR human factors*, 9(3), e31991.
- Camden, C., Pratte, G., Fallon, E., Couture, M., Berbari, J., & Tousignant, M. (2020). Diversity of practices in telerehabilitation for children with disabilities and effective intervention characteristics: results from a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 42(24), 3424-3436. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1595750>
- Camden, C., & Silva, M. (2021). Pediatric Telehealth: Opportunities Created by the COVID-19 and Suggestions to Sustain Its Use to Support Families of Children with Disabilities. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 41(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/01942638.2020.1825032>
- Canário, A. C., Pinto, R., Silva-Martins, M., Rienks, K., Akik, B. K., Stanke, K. M., David, O., Kızıltepe, R., Melendez-Torres, G., & Thongseiratch, T. (2025). Online parenting programs for children's behavioral and emotional problems: A network meta-analysis. *Prevention Science*, 26(4), 592-609.
- Cason, J. (2011). Telerehabilitation: an adjunct service delivery model for early intervention services. *Int J Telerehabil*, 3(1), 19-30. <https://doi.org/10.5195/ijt.2011.6071>
- Catalyst, N. (2018). What is telehealth? *NEJM Catalyst*, 4(1).
- Chan, E., Froehlich, T. E., Barbaresi, W. J., & Fogler, J. (2020). Developing the Evidence-Grading Tools and Process for the Complex Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Guideline. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 41, S105-S110. <https://doi.org/10.1097/dbp.0000000000000773>
- Cheung, W., Aleman-Tovar, J., Johnston, A., Little, L., & Burke, M. (2023). A qualitative study exploring parental perceptions of telehealth in early intervention. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 35(3), 353-373.
- Cruise, C. (2025). Overview of telehealth in the Department of Veterans Affairs. *American Journal of Audiology*, 1-4. https://doi.org/https://doi.org/10.1044/2025_AJA-24-00274
- Curfman, A., Hackell, J. M., Herendeen, N. E., Alexander, J., Marcin, J. P., Moskowitz, W. B., Bodnar, C. E., Simon, H. K., McSwain, S. D., &

- Care, S. o. T. (2022). Telehealth: opportunities to improve access, quality, and cost in pediatric care. In *Pediatric Telehealth Best Practices* (pp. 43-173). American Academy of Pediatrics.
- de Nocker, Y. L., & Toolan, C. K. (2023). Using Telehealth to Provide Interventions for Children with ASD: a Systematic Review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10(1), 82-112. <https://doi.org/10.1007/s40489-021-00278-3>
- de Oliveira, C. R. A., da Silva Etges, A. P. B., Marcolino, M. S., Paixão, M. C., Mendes, M. S., Ribeiro, L. B., Alkmim, M. B. M., Polanczyk, C. A., & Ribeiro, A. L. P. (2023). COVID-19 telehealth service can increase access to the health care system and become a cost-saving strategy. *Telemedicine and e-Health*, 29(7), 1043-1050.
- Del Lucchese, B., Parravicini, S., Filogna, S., Mangani, G., Beani, E., Di Lieto, M. C., Bardoni, A., Bertamino, M., Papini, M., & Tacchino, C. (2024). The wide world of technological telerehabilitation for pediatric neurologic and neurodevelopmental disorders—a systematic review. *Frontiers in public health*, 12, 1295273.
- Douma, M., Maurice-Stam, H., Gorter, B., Krol, Y., Verkleij, M., Wiltink, L., Scholten, L., & Grootenhuys, M. A. (2020). Online psychosocial group intervention for parents: Positive effects on anxiety and depression. *Journal of pediatric psychology*, 46(2), 123-134. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsaa102>
- Dunst, C. J., & Espe-Sherwindt, M. (2016). Family-centered practices in early childhood intervention. In *Handbook of early childhood special education* (pp. 37-55). Springer.
- Eguren, A., Cyr, C., Dubois-Comtois, K., & Muela, A. (2023). Effects of the Attachment Video-feedback Intervention (AVI) on parents and children at risk of maltreatment during the COVID-19 pandemic. *Child Abuse & Neglect*, 139, 106121.
- Entenberg, G. A., Mizrahi, S., Walker, H., Aghakhani, S., Mostovoy, K., Carre, N., Marshall, Z., Dosovitsky, G., Benfica, D., & Rousseau, A. (2023). AI-based chatbot micro-intervention for parents: Meaningful engagement, learning, and efficacy. *Frontiers in psychiatry*, 14, 1080770.
- Esther, C., Natalie, O., Diana, B., Marie Antoinette, H., Suzi, D., Marcia, W., & Natalie, S. (2022). Telehealth in a paediatric developmental metropolitan assessment clinic: Perspectives and experiences of families and clinicians. *Health Expectations*, 25(5), 2557-2569. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/hex.13582>
- Ezeamii, V., O Doherty, N. O., Ayozie, C. O., Figueroa, A. S., & Okobi, O. E. (2025). Telemedicine and its impact on public health in the United States: a contemporary review. *The Egyptian Journal of Internal Medicine*, 37(1), 68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s43162-025-00451-8>

- Feal, Á., Calciati, P., Vallina-Rodriguez, N., Troncoso, C., & Gorla, A. (2020). Angel or devil? a privacy study of mobile parental control apps. *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies*.
- Flannery, J. E., Penner-Goeke, L., Xie, E. B., Prince, D., Simpson, K. M., Calaghan, B., Tomfohr-Madsen, L., & Roos, L. E. (2021). Digital parent training RCT meta-analysis and systematic review.
- Galinsky, E., Bezos, J., McClelland, M., Carlson, S. M., & Zelazo, P. D. (2017). Civic science for public use: Mind in the making and vroom. *Child Development*, 88(5), 1409-1418.
- Galvin, E., Gavin, B., Kilbride, K., Desselle, S., McNicholas, E., Cullinan, S., & Hayden, J. (2024). The use of telehealth in attention-deficit/hyperactivity disorder: a survey of parents and caregivers. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 33(12), 4247-4257.
- Garne Holm, K., Brødsgaard, A., Zachariassen, G., Smith, A. C., & Clemensen, J. (2019). Parent perspectives of neonatal tele-homecare: a qualitative study. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 25(4), 221-229.
- Gentile, M., Messineo, L., La Guardia, D., Arrigo, M., Città, G., Ayala, A., Cusimano, G., Martines, P., Mendolia, G., & Allegra, M. (2022). A parent-mediated telehealth program for children with autism spectrum disorder: Promoting parents' ability to stimulate the children's learning, reduce parenting stress, and boost their sense of parenting empowerment. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(12), 5285-5300.
- Gentili, A., Failla, G., Melnyk, A., Puleo, V., Tanna, G. L. D., Ricciardi, W., & Cascini, F. (2022). The cost-effectiveness of digital health interventions: a systematic review of the literature. *Frontiers in public health*, 10, 787135. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.787135>
- Glascoc, F. P. (2005). Screening for developmental and behavioral problems. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 11(3), 173-179.
- Goldwater, J., & Harris, Y. (2025). Cost Impact of Telehealth: A National Analysis of COVID-19 Data. *Telemedicine and e-Health*, 31(6), 772-778. <https://doi.org/10.1089/tmj.2024.0339>
- Gudipudi, R., Jungbauer Jr, W. N., Brennan, E., & Pecha, P. P. (2024). Parent and provider satisfaction of telehealth in pediatric surgical subspecialty care: a systematic review. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 30(6), 905-917. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1357633X221110368>
- Guralnick, M. J. (2011). Why Early Intervention Works: A Systems Perspective. *Infants & young children*, 24(1), 6-28. <https://doi.org/10.1097/IYC.0b013e3182002cfe>
- Hails, K. A., McWhirter, A. C., Sileci, A. C., & Stormshak, E. A. (2025). Family Check-Up Online effects on parenting and parent wellbeing in fa-

- families of toddler to preschool-age children. *Early Childhood Research Quarterly*, 70, 144-153.
- Harrison, J., van Mourik, M., & Hopkins, L. (2025). Evaluating the experience of neurodevelopmental assessment via telehealth: a pandemic-inspired response or a sustainable evolution in healthcare? *Advances in Autism*, 11(3), 177-188. <https://doi.org/10.1108/aia-08-2024-0059>
- Hippman, C., Mah, J. W., & MacFadden, M. (2025). Virtual delivery of parent coaching interventions in early childhood mental health: a scoping review. *Child Psychiatry & Human Development*, 56(3), 1-37.
- Holtrop, K., Piehler, T. F., & Gray, L. J. (2025). Telehealth delivery of GenerationPMTO in the public mental health system: A pragmatic, noninferiority study. *Journal of marital and family therapy*, 51(1), e12751. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jmft.12751>
- Information Commissioner's Office. (2025). *UK GDPR Guidance and Resources*. Retrieved from <https://ico.org.uk/for-organisations/uk-gdpr-guidance-and-resources>
- Ingersoll, B., & Berger, N. I. (2015). Parent engagement with a telehealth-based parent-mediated intervention program for children with autism spectrum disorders: Predictors of program use and parent outcomes. *Journal of medical Internet research*, 17(10), e4913.
- Ingersoll, B., Wainer, A. L., Berger, N. I., Pickard, K. E., & Bonter, N. (2016). Comparison of a self-directed and therapist-assisted telehealth parent-mediated intervention for children with ASD: A pilot RCT. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 46(7), 2275-2284.
- Ivanovic, M., & Semnic, M. (2018). The role of agent technologies in personalized medicine. 2018 5th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI),
- Katakis, P., Frankson, P., Lockwood Estrin, G., Wolstencroft, J., Mirzaei, V., Sayani, S., Skuse, D., & Heys, M. (2025). Families' and clinicians' experiences with telehealth assessments for autism: A mixed-methods systematic review. *PLOS Digital Health*, 4(7), e0000931. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000931>
- Ke, J. C., Hayati Rezvan, P., Vanderbilt, D., Mirzaian, C. B., Deavenport-Saman, A., & Smith, B. A. (2024). Similar early intervention referral rates following in-person administration of the Bayley Scales of Infant and Toddler Development, 4th Edition versus Telehealth Administration of the Developmental Assessment in Young Children, 2nd Edition in the high-risk infant population. *Early Human Development*, 190, 105971. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2024.105971>
- Kodjebacheva, G. D., Culinski, T., Kawser, B., & Amin, S. (2023). Satisfaction with pediatric telehealth according to the opinions of children and ado-

- lescents during the COVID-19 pandemic: a literature review. *Frontiers in public health*, 11, 1145486.
- Kodjebacheva, G. D., Tang, C., Groesbeck, E., Walker, L., Woodworth, J., & Schindler-Ruwisch, J. (2023). Telehealth Use in Pediatric Care during the COVID-19 Pandemic: A Qualitative Study on the Perspectives of Caregivers. *Children*, 10(2), 311. <https://www.mdpi.com/2227-9067/10/2/311>
- Kokkinen, K., Malinen, K., Sevón, E., Hämäläinen, R., & Rönkä, A. (2024). Online game-based parental groups: The experiences of first-time expectant parents. *The Journal of Perinatal Education*, 33(3), 113.
- La Valle, C., Johnston, E., & Tager-Flusberg, H. (2022). A systematic review of the use of telehealth to facilitate a diagnosis for children with developmental concerns. *Research in developmental disabilities*, 127, 104269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ridd.2022.104269>
- Lappalainen, P., Pakkala, I., Strömmer, J., Sairanen, E., Kaipainen, K., & Lappalainen, R. (2021). Supporting parents of children with chronic conditions: A randomized controlled trial of web-based and self-help ACT interventions. *Internet Interventions*, 24, 100382. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.invent.2021.100382>
- Lee, H., Gunning, C., Leow, J., & Holloway, J. (2024). An evaluation of delivery of the parent Preschool Life Skills program via telehealth. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 57(4), 893-909. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jaba.2914>
- Love, S. M., Sanders, M. R., Turner, K. M., Maurange, M., Knott, T., Prinz, R., Metzler, C., & Ainsworth, A. T. (2016). Social media and gamification: Engaging vulnerable parents in an online evidence-based parenting program. *Child Abuse & Neglect*, 53, 95-107.
- Macwilliam, J., Hennessey, I., & Cleary, G. (2021). Telemedicine: improving clinical care and medical education in paediatrics. *Paediatrics and Child Health*, 31(10), 388-396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.paed.2021.07.004>
- Maitre, N. L., Benninger, K. L., Neel, M. L., Haase, J. A., Pietruszewski, L., Levensgood, K., Adderley, K., Batterson, N., Hague, K., & Lightfoot, M. (2021). Standardized neurodevelopmental surveillance of high-risk infants using telehealth: implementation study during COVID-19. *Pediatric quality & safety*, 6(4), e439.
- McAloon, J., & Armstrong, S. M. (2024). The effects of online behavioral parenting interventions on child outcomes, parenting ability and parent outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 27(2), 523-549.
- McQueen, M., Strauss, P., Lin, A., Freeman, J., Hill, N., Finlay-Jones, A., Bebbington, K., & Perry, Y. (2022). Mind the distance: experiences of non-

- face-to-face child and youth mental health services during COVID-19 social distancing restrictions in Western Australia. *Australian Psychologist*, 57(5), 301-314. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00050067.2022.2078649>
- Mietchen, J. J., Cieminski, T. M., & Kessler-Jones, A. M. (2025). Your clinical interview is data: The benefit of telehealth appointments to triage referrals made to pediatric neuropsychology. *The Clinical Neuropsychologist*, 39(5), 1266-1285. <https://doi.org/10.1080/13854046.2025.2456160>
- Niela-Vilén, H., Axelin, A., Salanterä, S., & Melender, H.-L. (2014). Internet-based peer support for parents: A systematic integrative review. *International journal of nursing studies*, 51(11), 1524-1537.
- Ozturk Ertem, I., Krishnamurthy, V., Mulaudzi, M. C., Sguassero, Y., Bilik, B., Srinivasan, R., Balta, H., Gulumser, O., Gan, G., & Calvocoressi, L. (2019). Validation of the International Guide for Monitoring Child Development demonstrates good sensitivity and specificity in four diverse countries. *Acta paediatrica*, 108(6), 1074-1086. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/apa.14661>
- Palmer, M., Beckley-Hoelscher, N., Shearer, J., Kostyrka-Allchorne, K., Robertson, O., Koch, M., Pearson, O., Slovak, P., Day, C., Byford, S., Goldsmith, K., Waite, P., Creswell, C., & Sonuga-Barke, E. J. S. (2023). The Effectiveness and Cost-Effectiveness of a Universal Digital Parenting Intervention Designed and Implemented During the COVID-19 Pandemic: Evidence From a Rapid-Implementation Randomized Controlled Trial Within a Cohort [Original Paper]. *J Med Internet Res*, 25, e44079. <https://doi.org/10.2196/44079>
- Pan, C.-Y., Kuo, T.-Y., & Kuo, F.-L. (2023). Meta-analysis of effectiveness of parent-mediated telehealth interventions in children with Autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 107, 102209. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rasd.2023.102209>
- Papageorgiou, A., Strigkos, M., Politou, E., Alepis, E., Solanas, A., & Patsakis, C. (2018). Security and privacy analysis of mobile health applications: the alarming state of practice. *IEEE Access*, 6, 9390-9403.
- Pasternak, R. H., Alderman, E. M., & English, A. (2023). 21st Century Cures Act ONC rule: implications for adolescent care and confidentiality protections. *Pediatrics*, 151(Supplement 1), e2022057267K.
- Pozniak, K., Rosenbaum, P., & Kwok, E. Y. L. (2024). Tasks performed by parents to enable telepractice for children with communication disorders: an interview study with clinicians and parents. *Disability and Rehabilitation*, 46(8), 1547-1558. <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2201509>
- Quayson, B. P., Hough, J., Boateng, R., Boateng, I. D., Godavarthy, R., & Mattson, J. (2024). Telehealth for rural veterans in the United States: A

- systematic review of utilization, cost savings, and impact of COVID-19. *Societies*, 14(12), 264. <https://doi.org/10.3390/soc14120264>
- Raz, M., Gupta-Kagan, J., & Asnes, A. G. (2024). Should I Call Child Protection?—Guidelines for Clinicians. *JAMA pediatrics*, 178(11), 1095-1096. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2024.3624>
- Reese, R. J., Slone, N. C., Soares, N., & Sprang, R. (2012). Telehealth for underserved families: an evidence-based parenting program. *Psychological Services*, 9(3), 320.
- Rogers, S. J., Vismara, L. A., & Dawson, G. (2021). *Coaching parents of young children with autism: Promoting connection, communication, and learning*. Guilford Publications.
- Rusconi-Serpa, S., Rossignol, A. S., & McDonough, S. C. (2009). Video feedback in parent-infant treatments. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics*, 18(3), 735-751.
- Rush, D., Everhart, K., Sexton, S., & Sheldon, M. (2020). Roadmap for assessing meaningful participation: Gathering information, participation-based assessment, and IFSP development. *DEC recommended practices monograph series*(7), 81-91.
- Samuels-Kalow, M. E., Chary, A. N., Ciccolo, G., Apro, A., Danaher, F., Lambert, R., Camargo Jr, C. A., & Zachrisson, K. S. (2024). Barriers and facilitators to pediatric telehealth use in English-and Spanish-speaking families: a qualitative study. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 30(3), 527-537. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1357633X211070725>
- Schmidt, C. W., Wegener, E. K., & Kayser, L. (2024). Needed competence for registered nurses working at a patient-centred telehealth service aimed to engage and empower people living with COPD: A five-month participatory observational study. *Applied Nursing Research*, 79, 151828. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apnr.2024.151828>
- Sharma, A., Pruthi, M., & Sageena, G. (2022). Adoption of telehealth technologies: an approach to improving healthcare system. *Translational medicine communications*, 7(1), 20.
- Shin, Y., Park, E. J., & Lee, A. (2025). Early Intervention for Children With Developmental Disabilities and Their Families via Telehealth: Systematic Review [Review]. *J Med Internet Res*, 27, e66442. <https://doi.org/10.2196/66442>
- Smith, A. C., Thomas, E., Snoswell, C. L., Haydon, H., Mehrotra, A., Clemensen, J., & Caffery, L. J. (2020). Telehealth for global emergencies: Implications for coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Journal of Telemedicine and Telecare*, 26(5), 309-313. <https://doi.org/10.1177/1357633x20916567>
- Smith, S. L., Humphreys, E., & Aytur, S. (2022). Parent Satisfaction With a Telehealth Coaching Program for Families of Children With Special He-

- alth Care Needs. *The American Journal of Occupational Therapy*, 76(Supplement_1), 7610505077p7610505071-7610505077p7610505071. <https://doi.org/10.5014/ajot.2022.76S1-PO77>
- Smith, S. L., Vaquerano, J., Humphreys, B. P., & Aytur, S. A. (2023). Parent satisfaction with a telehealth parent coaching intervention to support family participation. *OTJR: Occupational Therapy Journal of Research*, 43(3), 531-539. <https://doi.org/10.1177/15394492231164942>
- Sutherland, R., Trembath, D., & Roberts, J. (2018). Telehealth and autism: A systematic search and review of the literature. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 20(3), 324-336. <https://doi.org/10.1080/17549507.2018.1465123>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete. (2016). *Kişisel Verilerin Korunması Kanunu* Retrieved from <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6698&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>
- Thongseiratch, T., Leijten, P., & Melendez-Torres, G. J. (2020). Online parent programs for children's behavioral problems: a meta-analytic review. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 29(11), 1555-1568. <https://doi.org/10.1007/s00787-020-01472-0>
- Tomris, G., & Çelik, S. (2021). Erken çocukluk özel eğitimi: Kuramsal ve yasal temeller, Dünya'daki ve Türkiye'deki son eğilimler. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, 23(1), 243-269.
- Topol, E. (2019). *Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again*. Hachette UK.
- Traynor, N. M., Hughes, M., Wood, A., Onslow, G., Edwards, K., Clements, J., & Kohlhoff, J. (2024). Supporting families with complex early parenting needs through a virtual residential parenting service: an investigation of outcomes, facilitators and barriers. *Journal of Clinical Nursing*, 33(3), 1122-1133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jocn.16927>
- Tripathi, R. P., & Abdullaevna, A. N. (2024). Enhancing Early Childhood Development: A Critical Review of Tracker Applications and the Path Forward for Global and Culturally Sensitive Innovations. 2024 4th International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences (ICTACS),
- Tsami, L., Lerman, D., & Toper-Korkmaz, O. (2019). Effectiveness and acceptability of parent training via telehealth among families around the world. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 52(4), 1113-1129.
- Turner, K. M., & Sanders, M. R. (2025). Finding solutions to scaling parenting programs that work: A systems-contextual approach. *Prevention Science*, 26(4), 610-620.
- Valentine, A. Z., Hall, S. S., Young, E., Brown, B. J., Groom, M. J., Hollis, C., & Hall, C. L. (2021). Implementation of telehealth services to as-

- sess, monitor, and treat neurodevelopmental disorders: systematic review. *Journal of medical Internet research*, 23(1), e22619.
- Virani, A., Duffett-Leger, L., & Letourneau, N. (2021). Parents' use of mobile applications in the first year of parenthood: a narrative review of the literature. *Health Technology*, 5.
- Vismara, L. A., McCormick, C. E., Wagner, A. L., Monlux, K., Nadhan, A., & Young, G. S. (2018). Telehealth parent training in the Early Start Denver Model: Results from a randomized controlled study. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 33(2), 67-79.
- Viswanathan, S., Ibrahim, S., Shankar, R., Binns, R., Van Kleek, M., & Slovák, P. (2025). The Interaction Layer: An Exploration for Co-Designing User-LLM Interactions in Parental Wellbeing Support Systems. Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems,
- Wainer, A. L., Arnold, Z. E., Leonczyk, C., & Valluripalli Soorya, L. (2021). Examining a stepped-care telehealth program for parents of young children with autism: A proof-of-concept trial. *Molecular Autism*, 12(1), 32.
- Wenhua, Z., Hasan, M. K., Jailani, N. B., Islam, S., Safie, N., Albarakati, H. M., Aljohani, A., & Khan, M. A. (2024). A lightweight security model for ensuring patient privacy and confidentiality in telehealth applications. *Computers in Human Behavior*, 153, 108134.
- Wetterborg, D., Enebrink, P., Lönn Rhodin, K., Forster, M., Risto, E., Dahlström, J., Forsberg, K., & Ghaderi, A. (2019). A pilot randomized controlled trial of Internet-delivered parent training for parents of teenagers. *Journal of Family Psychology*, 33(7), 764.
- White, B. K., Martin, A., White, J. A., Burns, S. K., Maycock, B. R., Giglia, R. C., & Scott, J. A. (2016). Theory-based design and development of a socially connected, gamified mobile app for men about breastfeeding (Milk Man). *JMIR mHealth and uHealth*, 4(2), e5652.
- WHO. (2021). *How to plan and conduct telehealth consultations with children and adolescents and their families*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240038073>
- World Health Organization. (2010). Telemedicine: opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth. (No Title).
- World Health Organization. (2022). *Regional strategy for fostering digital health in the Eastern Mediterranean Region (2023-2027)*.

Ektopik Gebelik: Tanısı ve Güncel Tedavisine Yaklaşım

Arif Caner Erdoğan¹

Özet

Ektopik gebelik, implantasyonun uterusin kavite dışına yerleşmesiyle ortaya çıkan ve erken gebelik dönemindeki anne ölümlerinin önemli bir nedenini oluşturan ciddi bir klinik tablodur. İnsidansı tüm gebeliklerin yaklaşık %1-2'sini oluşturmakla birlikte, tanısız yöntemlerdeki ilerlemeler rüptür ve mortalite oranlarının azalmasına katkı sağlamıştır. Risk faktörleri arasında önceki ektopik gebelik öyküsü, pelvik inflamatuvar hastalık, tubal cerrahi, infertilite, yardımcı üreme teknikleri, sigara kullanımı ve rahim içi araç varlığı öne çıkmaktadır. Klinik bulgular her zaman tipik olmayıp, hastaların önemli bir kısmı asemptomatik seyredebilmektedir. Bu nedenle, tanıda transvajinal ultrasonografi ve seri serum beta insan koryonik gonadotropin ölçümleri temel bileşenlerdir.

Ektopik gebeliklerin büyük çoğunluğu tubal yerleşimlidir; ancak interstisyel, servikal, sezaryen skarı, ovaryal ve abdominal yerleşimli özel tipler tanı ve tedavi açısından ek zorluklar taşır. Medikal tedavide intramüsküler metotreksat onaylanmış tek seçenektir. Hastanın hemodinamik stabil olması, rüptür bulgularının bulunmaması ve metotreksat için kontrendikasyon olmaması medikal tedavinin gereklilikleridir. Cerrahi yönetimde salpingostomi ve salpenjektomi temel seçenekler olup, yöntem seçimi tubal durum, fertilite isteği ve klinik bulgulara göre belirlenir. Uygun hasta seçimi sağlandığında medikal ve cerrahi tedaviler arasında gelecekteki fertilite açısından anlamlı fark bulunmamıştır.

1 Operatör Doktor, Dr Ali Kemal Belviranlı Kadın Doğum ve Çocuk Hastanesi, arifcanererdogan@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5749-4134

1.Giriş

Gebeliğin erken dönemlerindeki anne ölümlerinin başlıca sebeplerinden olan ektopik gebelik, gelişmekte olan gebelik kesesinin uterusun endometrial boşluğunun dışına implante olmasıdır (Chong et al., 2024). Günümüzde tanı ve tedavi yöntemlerindeki ilerlemeler ektopik gebelik vakalarının seyrini belirgin şekilde iyileştirmiştir; ancak hastalık, risk faktörlerinin, tanı yöntemlerinin ve tedavi seçeneklerinin dikkatle değerlendirilmesini gerektiren önemli bir klinik ve halk sağlığı sorunu olmayı sürdürmektedir (Papageorgiou et al., 2025).

Bu bölümde, ektopik gebeliğin tanısal yaklaşımı ve tedavisine dair güncel veriler sunulacaktır.

2.Epidemiyoloji

Ektopik gebelik, genel olarak gebeliklerin yaklaşık %1-2'sinde görülmektedir (Hendriks et al., 2020). Tanı yöntemlerindeki iyileşme sayesinde tubal rüptür öncesi tanı oranları artmış, mortalite ve morbidite azalma eğilimi göstermiştir (Marion & Meeks, 2012). Ancak gelişmekte olan ülkelerde tanı geç olabilmekle birlikte rüptür oranı ve maternal komplikasyonlar yüksek olabilmektedir (Njingu et al., 2020).

3.Risk Faktörleri

3.1.Yüksek Riskli Olanlar

Ektopik gebelik öyküsü, sonraki gebeliklerde tekrarlama olasılığını belirgin şekilde artırmakta ve bu risk diğer gebelere göre yaklaşık üç ila sekiz kat daha yüksek seyretmektedir (Li et al., 2015). Bu risk, hem ilk ektopik gebeliğe yol açan altta yatan tubal bozuklukla hem de tedavi prosedürünün seçimiyle ilişkilidir. Daha önce ektopik gebelik nedeniyle salpingostomi yapılmış hastalar, tekrarlayan ektopik gebelik açısından artmış risk taşır (Zhang et al., 2016).

Rekonstrüktif tuba cerrahisi sonrasında ektopik gebelik olasılığı artmış olup, başarı cerrahi tekniğe, cerrahın deneyimine ve tüpün mevcut yapısal özelliğine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Literatürde tubal reanastomoz sonrası ektopik gebelik oranlarının yaklaşık %3–30 arasında bildirildiği görülmektedir (Audebert et al., 2014).

Pelvik enfeksiyon, özellikle de tekrarlayan tekrarlayan durumlarda, tubal fonksiyonu değiştirebilir, adezyona ve obstrüksiyona neden olabilir. Bu sebeple tubal patolojinin önemli bir nedeni olup bununla birlikte ektopik gebelik riskini artırır (Flanagan et al., 2023). Ektopik gebelik vakalarındaki

artış, pelvik inflamatuvar hastalık sıklığındaki artışla güçlü bir şekilde ilişkilidir (Kamwendo et al., 2000).

İnfertilite ektopik gebelik insidansını yaklaşık iki ila üç kat arttırmaktadır, ancak bu durum bu hasta grubunda infertilitenin bir nedeni de olabilen tubal anormallliği yansıtmaktadır (Li et al., 2015).

Tüp ligasyonu sonrası ektopik gebelik riski özellikle 28 yaşından önce sterilize edilen kadınlarda belirgin derecede yüksektir ve bu risk 5–15 yıl sonra iki katına çıkmaktadır. Laparoskopik yöntemler, mini laparotomiye göre daha yüksek ektopik gebelik oranı ile ilişkilidir. En yüksek riskli cerrahi teknik 16 kat artmış riskle laparoskopik parsiyel salpenjektomidir (Malacova et al., 2014).

Rahim içi araç kullanan hastalarda, rahim içi aracın oldukça etkili bir doğum kontrol yöntemi olması nedeniyle, doğum kontrol yöntemi kullanmayan hastalara kıyasla ektopik gebelik görülme sıklığı daha düşüktür (Schultheis et al., 2021). Ancak kontrasepsiyon başarısızlığı yaşayan rahim içi araç kullanıcıları arasında ektopik gebelik riski yüksektir (Li et al., 2014).

3.2.Orta Riskli Olanlar

Östrojen/progestin içeren oral kontraseptifler oldukça etkilidir ve gebeliği önlediği için genel olarak ektopik gebelik riski düşüktür. Ancak, yöntemle korunurken gebe kalan hastalarda, ektopik gebelik riski diğer gebe hastalara kıyasla iki ila beş kat artmış gibi görünmektedir (Li et al., 2014).

Rahim içi diyetilstilbestrol maruziyeti öyküsü olan hastalarda, anormal tubal morfoloji ve muhtemelen disfonksiyonel fimbria nedeniyle ektopik gebelik riski dört kat daha fazladır (Hoover et al., 2011).

Sigara içmek ektopik gebelik riskini artırır. Bu artış muhtemelen oosit veya embriyo transferindeki bozulma ile ilişkilidir (Rogne et al., 2022).

3.3.Düşük Riskli Olanlar

Düzenli vajinal duş ektopik gebelik riskini artırır (Zhang et al., 1997).

Artan yaşla birlikte ektopik gebelik riski artmaktadır (Nybo Andersen et al., 2000).

4.Klinik Bulgular

Klasik triad adet gecikmesi, vajinal kanama ve alt batın ağrısı olmakla birlikte hastaların %40'ından daha azında görülür (Dagar et al., 2018). Hastaların %43,7'si asemptomatiktir (Wong & Suat, 2000).

Ektopik gebelikte ağrının niteliği, yeri ve şiddeti değişkenlik gösterebilir. Gebeliğin fallop tüpünü genişletmesiyle başlangıçta genellikle tek taraflı, kolik tarzda abdominal veya pelvik ağrı şeklinde ortaya çıkar. Tüp rüptüre olup hemoperitoneum geliştiğinde ağrı daha yaygın bir hale gelebilir. Presenkop, senkop, kusma, diyare, omuz ağrısı, alt üriner sistem semptomları, rektal basınç hissi veya defekasyonla artan ağrı diğer olası klinik bulgular arasında yer almaktadır (Hendriks et al., 2020).

Fizik muayene, rüptüre ektopik gebeliği ve hemoperitoneumu olan kadınlarda hemodinamik instabilite bulgularını (örneğin hipotansiyon, taşikardi) gösterebilir (Barash et al., 2014). Rüptüre olmamış ektopik gebeliği olan hastalarda sıklıkla servikal hareketle hassasiyet veya adneksiyel hassasiyet görülür (Hendriks et al., 2020). Pelvik muayene sırasında yapılan palpasyonun rüptür riskini artırdığına dair herhangi bir kanıt bulunmamaktadır (Crochet et al., 2013).

5.Tanıda Laboratuvar ve Görüntüleme

Tanı için öncelikle hemodinamik stabil hastada anamnez ve tam bir fizik muayene yapılmalıdır. Ama bunlar ektopik gebeliğin erken teşhisi için yeterli değildir (Stovall et al., 1990). Tanısal değerlendirmenin en basit yolu, transvajinal ultrasonografi değerlendirmesi ve gebeliğin doğrulanmasıdır. Tanıyı doğrulamak için genellikle transvajinal ultrasonografi, serum beta insan koryonik gonadotropin (β -hCG) düzeyi ölçümü veya her ikisiyle seri değerlendirme gerekir (“ACOG Practice Bulletin No. 193: Tubal Ectopic Pregnancy,” 2018).

5.1.Beta İnsan Koryonik Gonadotropin

β -hCG, gebelikte ovülasyonu izleyen yaklaşık sekizinci günden itibaren ölçülebilir düzeylere ulaşır (Stewart et al., 1995). Geçmişte, β -hCG düzeyinin iki gün içinde %50’den az artması anormal kabul edilirken, güncel yaklaşımlarda bu eşik %35 olarak belirlenmiştir(Morse et al., 2012).

Başlangıç β -hCG düzeyinin <10.000 mIU/mL olduğu hastalarda, 48 saat içindeki beklenen artış oranı başlangıç düzeyine bağlı olarak değişmektedir:

- Başlangıç β -hCG <1500 mIU/mL ise beklenen artış oranı %49,
- $1500-3000$ mIU/mL arasında ise %40,

>3000 ile <10.000 mIU/mL arasında ise %33’tür (Barnhart et al., 2016).

5.2. Transvajinal Ultrasonografi

Transvajinal ultrasonografi, ektopik gebeliğin görüntülenmesini belirgin şekilde iyileştirmiştir. Serum β -hCG ölçümleriyle birlikte kullanıldığında, ektopik gebeliğin erken tanısına olanak sağlar ve bu hastalığa bağlı morbidite ve mortaliteyi anlamlı ölçüde azaltır. Renkli doppler ultrasonografi, ektopik trofoblastik akımı göstermede yararlı olmakla birlikte, transvajinal ultrasonografinin sadece tamamlayıcı bir bileşenidir (Ardaens et al., 2003).

Transvajinal ultrasonografide adnekslerde gestasyonel kese veya embriyonal yapıların gösterilmesi ektopik gebelik tanısını kesinleştirir; ancak çoğu olgu bu aşamaya gelmeden değerlendirilmektedir (“ACOG Practice Bulletin No. 193: Tubal Ectopic Pregnancy,” 2018). Çoğu zaman, tanı hastanın anamnezi, seri kantitatif β -hCG ölçümleri, ardışık ultrasonografi değerlendirmeleri ve gerektiğinde uterin aspirasyon ile koyulur.

Ayrıca tanılar, anembriyonik gebelik, komplet abortus, erken gebelik kaybı, inkomplet abortus, spontan abortus, abortus imminens, vajinit, servisit, servikal polip, ovaryal torsiyon, rüptüre korpus luteum kisti ve apandisit gibi jinekolojik olmayan klinik durumları içermektedir (Hendriks et al., 2019; Weckstein, 1987).

Ektopik gebeliğin kesin tanısı adnekslerdeki yolk kesesi ve/veya embriyonun ultrasonografi ile görüntülenmesiyle konulur (Hendriks et al., 2020).

6. Özel Lokalizasyonlar

Ektopik gebeliklerin büyük çoğunluğu (%96) fallop tüpüne yerleşir. Cerrahi olarak tedavi edilen 1800 olguluk bir seride, implantasyon bölgelerinin dağılımı şu şekilde bildirilmiştir; ampulla %70, isthmus %12, fimbria %11,1, over %3,2, interstisyel alan %2,4 ve abdomen %1,3 (Bouyer et al., 2002).

6.1. İntertisyel Ektopik Gebelik

Endometriyuma kısmen implante olabilmeleri nedeniyle yanlışlıkla intrauterin gebelik olarak değerlendirilebilirler (Jurkovic & Mavrellos, 2007). Literatüre göre, interstisyel gebeliğin rüptürü gebeliğin nispeten erken dönemlerinde meydana gelmektedir (Tulandi & Al-Jaroudi, 2004).

6.2. Sezaryen Skar Ektopik Gebelik

Gestasyonel kesenin alt uterin segment ön duvarında, önceki bir sezaryen insizyonu bölgesine implante olmasıdır. Sezaryen oranlarının artmasına paralel olarak insidansı giderek arttırmaktadır (Chukus et al., 2015; Lin et al.,

2008). Trofoblastik dokunun endometriyal-miyometriyal bileşkeyi invaze etmesi nedeniyle, gebeliğin term döneme ulaşması durumunda plasenta akreata spektrumu gelişme riski artmaktadır (Ben Nagi et al., 2005).

6.3.Heterotopik Gebelik

İntrauterin ve ekstrauterin gebeliğin eş zamanlı olarak izlenmesidir. Yardımcı üreme teknikleri ile ilişkili oldukları için görülme sıklığı artmaktadır. Yardımcı üreme teknikleri öyküsü olmayan hastalarda son derece nadirdir. Eş zamanlı bir intrauterin gebeliğin varlığı nedeniyle intramüsküler (IM) metotreksat (MTX) kontrendikedir (Houser et al., 2022).

6.4.Servikal Ektopik Gebelik

Embriyonun endoservikal kanalın mukozası içine implante olmasıyla meydana gelir. Servikal gebelikler, servikal kan damarlarının erozyonuna bağlı beklenmedik, yaşamı tehdit eden bir kanama ile ortaya çıkabileceğinden yüksek riskli vakalardır (Samal & Rathod, 2015).

6.5.Ovaryal Ektopik Gebelik

Ovaryal ektopik gebelikler intrauterin araç kullanımı ile yakından ilişkilidir (Herbertsson et al., 1987). Ultrasonografide, yolk kesesi veya fetal yapıları içeren bir gebelik kesesi overden net olarak ayrılmaz şekilde izlenir (Casikar & Condous, 2013).

6.6.Abdomen Ektopik Gebelik

Erken gebelik haftalarında tanı koymak zor olabilmektedir. Anormal plasentanın implantasyonuna bağlı olarak 20. gebelik haftasından sonra tanı konan abdominal ektopik gebelik, plasentanın kısmi veya tam ayrılmasını takiben ortaya çıkabilen ciddi obstetrik kanama ve koagülopati riski nedeniyle önemli bir maternal-fetal mortalite nedenidir (Dunphy et al., 2023).

7.Tedavi Medikal Ve Cerrahi

Amerikan Kadın Doğum ve Jinekologlar Koleji'nin kılavuzlarına göre, tek doz rejimlerin en yaygın kullanıldığı IM MTX, ektopik gebelikler için onaylanmış tek medikal tedavi yöntemidir. IM MTX tedavisi uygulanacak hastaların belirli kriterleri karşılaması gerekir; bunlar arasında doğrulanmış ya da klinik olarak güçlü ektopik gebelik şüphesi, hemodinamik stabilite, rüptür bulgularının olmaması ve MTX tedavisine ilişkin mutlak kontrendikasyonların bulunmaması yer alır. Mutlak kontrendikasyonlar arasında intrauterin gebelik, MTX'e karşı duyarlılık, rüptüre ektopik gebelik, yetersiz takip olasılığı ve orta-şiddetli anemi bulunmaktadır.

Tablo1. Metotreksat tedavi protokolleri (Mullany et al., 2023)

Gün	Tek dozluk tedavi rejimi	İki dozluk tedavi rejimi	Çoklu doz rejimi
1	β -hCG düzeyi ölçülür ve tek doz MTX (50 mg/m ² IM) uygulanır.	β -hCG düzeyi ölçülür ve tek doz MTX (50 mg/m ² IM) uygulanır.	β -hCG düzeyi ölçülür ve MTX (1 mg/kg IM) uygulanır.
2	-	-	Lökovorin (0,1 mg/kg IM) uygulanır.
3	-	-	→ 1-3. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. (diğer adımlar atlanır). → 1-3. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa, tek doz MTX (1 mg/kg IM) yeniden uygulanır.
4	β -hCG düzeyini ölçülür (düzeyler genellikle 1-4. günler arasında artış gösterir)	β -hCG düzeyi ölçülür ve tek doz MTX (50 mg/m ² IM) uygulanır.	Lökovorin (0,1 mg/kg IM) uygulanır.
5	-	-	→ 3-5. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. (diğer adımlar atlanır). → 3-5. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa, tek doz MTX (1 mg/kg IM) yeniden uygulanır.
6	-	-	Lökovorin (0,1 mg/kg IM) uygulanır.
7	β -hCG düzeyi ölçülür. → 4-7. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. → 4-7. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa (hastaların %20'sinde), tek doz MTX (50 mg/m ² IM) yeniden uygulanır ve protokol tekrarlanır. → İki doz uygulamaya rağmen β -hCG düşüş göstermiyorsa (hastaların <%1'i), cerrahi tedaviye yönlendirilir.	β -hCG düzeyi ölçülür. → 4-7. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. (diğer adımlar atlanır). → 4-7. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa, tek doz MTX (50 mg/m ² IM) yeniden uygulanır.	→ 5-7. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. (diğer adımlar atlanır). → 5-7. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa, tek doz MTX (1 mg/kg IM) yeniden uygulanır.

8	-	-	Lökovorin (0,1 mg/kg IM) uygulanır.
9	-	-	→ 7-9. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. (diğer adımlar atlanır). → 7-9. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa, cerrahi tedaviye yönlendirilir.
11	-	β -hCG düzeyi ölçülür. → 7-11. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. (diğer adımlar atlanır). → 7-11. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa, tek doz MTX (50 mg/m ² IM) yeniden uygulanır.	-
14	-	β -hCG düzeyi ölçülür. → 11-14. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten fazla azalırsa, β -hCG düzeyi negatifleşene kadar haftalık olarak ölçülmeye devam edilir. → 11-14. günler arasında β -hCG düzeyi %15'ten az azalırsa, cerrahi tedavi planlanır.	-

MTX tedavisine bağlı olarak en yaygın karşılaşılan yan etkiler, vajinal lekelenme ile bulantı, ishal ve kusma gibi gastrointestinal yakınmalardır. Bazı kadınlarda tedaviden 2-3 gün sonra karın ağrısı gelişebilir; ancak tubal rüptürü düşündüren belirtiler yoksa bu durum bekle-gör şekilde yönetilebilir ("ACOG Practice Bulletin No. 193: Tubal Ectopic Pregnancy," 2018). Tedavi gören hastaların, MTX'in etkinliğini azaltabileceği için folik asit takviyeleri veya nonsteroid antiinflatuvar ilaçlar kullanmaktan kaçınmaları; rüptür belirtilerini maskeleyebileceğinden opioidler, alkol veya diğer analjezikleri tüketmemeleri; ayrıca vajinal ilişkidenden uzak durmaları önerilir (Hendriks et al., 2020). MTX güçlü bir teratojen olduğundan, tedavi sonrası 3 ay boyunca

kontrasepsiyon kullanılması önerilir; ancak bu öneriyi destekleyen kanıtlar sınırlıdır (Brady, 2017).

Ektopik gebeliklerin cerrahi tedavisinde en yaygın kullanılan iki yöntem salpingostomi ve salpenjektomidir. Salpingostomi, fallop tüpüne yapılan bir insizyon yoluyla yalnızca ektopik gebeliğin çıkarılması işlemidir; buna karşılık salpenjektomi, ektopik gebelikle birlikte fallop tüpünün tamamının veya bir kısmının çıkarılmasını içerir (Hendriks et al., 2020).

Salpenjektomi; çapı ≥ 5 cm olan ektopik gebeliklerde, belirgin tubal hasar, rüptür, aktif kanama veya önceki tubal ligasyon varlığında tercih edilen yaklaşımdır. Bununla birlikte, karşı tubal yapıları olmayan ya da tıkalı olan hastalar salpenjektomi sonrasında yardımcı üreme teknikleri olmadan gebe kalamayacağından, fertilite korunmak istendiğinde salpingostomi daha uygun bir seçenek olabilir (Brady, 2017). Diğer tubal yapıları normal olan hastalarda ise salpingostomi ve salpenjektominin gelecekteki gebelik sonuçları açısından eş değer olduğu gösterilmiştir (Mol et al., 2014).

Salpingostomi, rezidüel trofoblastik dokunun varlığını dışlamak için seri β -hCG ölçümlerini gerektirir; bu durum hastaların yaklaşık %20'sinde görülmekte olup çoğu zaman ek MTX tedavisi gerektirir (Hendriks et al., 2020).

Ektopik gebeliği doğrulanmış bir hastada peritoneal irritasyon bulgularının veya hemodinamik instabilitenin varlığı, başlangıç β -hCG düzeylerinin yüksek olması, ultrasonografide uterus dışı fetal kardiyak aktivitenin saptanması ya da medikal tedaviye yönelik bir kontrendikasyonun bulunması durumlarında, hastaya acilen cerrahi müdahale gerekmektedir (Hendriks et al., 2020).

Mevcut literatür, sonraki fertilite üzerine etkileri açısından medikal ve cerrahi tedaviler arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir (Hendriks et al., 2020). Cerrahi yönetimin dezavantajları arasında anesteziye bağlı komplikasyonlar, sekonder yaralanmalar ve kan kaybı yer almaktadır (Xiao et al., 2021).

8.Sonuç

Ektopik gebelik, erken tanı ve uygun yönetim stratejileriyle maternal morbidite ve mortalitesi önemli ölçüde azaltılabilen bir klinik durumdur. Tanıda transvajinal ultrasonografi ve seri β -hCG takibi temel yöntemler olup, risk faktörlerinin ve klinik bulguların dikkatle değerlendirilmesi uygun klinik yönetimin temelini oluşturur.

Hastanın genel durumu, hemodinamik stabilitesi, fertilite beklentisi ve eşlik eden patolojiler tedavi seçimini belirlemelidir. Medikal tedavide MTX uygun hastalarda etkili ve güvenli bir seçenekken, rüptür veya yüksek risk varlığında cerrahi müdahale önceliklidir. Güncel literatür, doğru hasta seçimi yapıldığında her iki tedavi yönteminin de benzer fertilite sonuçları sunduğunu göstermektedir. Bu nedenle, ektopik gebeliğin yönetiminde bireyselleştirilmiş ve kanıta dayalı bir yaklaşım esastır.

9.Kaynakça

- ACOG Practice Bulletin No. 193: Tubal Ectopic Pregnancy. (2018). *Obstet gynecol*, 131(3), e91-e103. <https://doi.org/10.1097/aog.0000000000002560>
- Ardaens, Y., Guérin, B., Perrot, N., & Legoeff, F. (2003). [Contribution of ultrasonography in the diagnosis of ectopic pregnancy]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*, 32(7 Suppl), S28-38. (Apport de l'échographie dans le diagnostic de la grossesse extra-utérine.)
- Audebert, A., Pouly, J. L., Bonifacie, B., & Yazbeck, C. (2014). Laparoscopic surgery for distal tubal occlusions: lessons learned from a historical series of 434 cases. *Fertil Steril*, 102(4), 1203-1208. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2014.06.047>
- Barash, J. H., Buchanan, E. M., & Hillson, C. (2014). Diagnosis and management of ectopic pregnancy. *Am Fam Physician*, 90(1), 34-40.
- Barnhart, K. T., Guo, W., Cary, M. S., Morse, C. B., Chung, K., Takacs, P., Senapati, S., & Sammel, M. D. (2016). Differences in Serum Human Chorionic Gonadotropin Rise in Early Pregnancy by Race and Value at Presentation. *Obstet gynecol*, 128(3), 504-511. <https://doi.org/10.1097/aog.0000000000001568>
- Ben Nagi, J., Ofili-Yebovi, D., Marsh, M., & Jurkovic, D. (2005). First-trimester cesarean scar pregnancy evolving into placenta previa/accreta at term. *J Ultrasound Med*, 24(11), 1569-1573. <https://doi.org/10.7863/jum.2005.24.11.1569>
- Bouyer, J., Coste, J., Fernandez, H., Pouly, J. L., & Job-Spira, N. (2002). Sites of ectopic pregnancy: a 10 year population-based study of 1800 cases. *Hum Reprod*, 17(12), 3224-3230. <https://doi.org/10.1093/humrep/17.12.3224>
- Brady, P. C. (2017). New Evidence to Guide Ectopic Pregnancy Diagnosis and Management. *Obstet Gynecol Surv*, 72(10), 618-625. <https://doi.org/10.1097/ogx.0000000000000492>
- Casikar, I., & Condous, G. (2013). How to effectively diagnose ectopic pregnancy using ultrasound? In (Vol. 8, pp. 493-495): Taylor & Francis.
- Chong, K. Y., de Waard, L., Oza, M., van Wely, M., Jurkovic, D., Memtsa, M., Woolner, A., & Mol, B. W. (2024). Ectopic pregnancy. *Nat Rev Dis Primers*, 10(1), 94. <https://doi.org/10.1038/s41572-024-00579-x>
- Chukus, A., Tirada, N., Restrepo, R., & Reddy, N. I. (2015). Uncommon Implantation Sites of Ectopic Pregnancy: Thinking beyond the Complex Adnexal Mass. *Radiographics*, 35(3), 946-959. <https://doi.org/10.1148/rg.2015140202>
- Crochet, J. R., Bastian, L. A., & Chireau, M. V. (2013). Does this woman have an ectopic pregnancy?: the rational clinical examination systematic review. *Jama*, 309(16), 1722-1729. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.3914>

- Dagar, M., Srivastava, M., Ganguli, I., Bhardwaj, P., Sharma, N., & Chawla, D. (2018). Interstitial and Cornual Ectopic Pregnancy: Conservative Surgical and Medical Management. *J Obstet Gynaecol India*, 68(6), 471-476. <https://doi.org/10.1007/s13224-017-1078-0>
- Dunphy, L., Boyle, S., Cassim, N., & Swaminathan, A. (2023). Abdominal ectopic pregnancy. *BMJ Case Rep*, 16(9). <https://doi.org/10.1136/bcr-2022-252960>
- Flanagan, H. C., Duncan, W. C., Lin, C. J., Spears, N., & Horne, A. W. (2023). Recent advances in the understanding of tubal ectopic pregnancy. *Fac Rev*, 12, 26. <https://doi.org/10.12703/r/12-26>
- Hendriks, E., MacNaughton, H., & MacKenzie, M. C. (2019). First Trimester Bleeding: Evaluation and Management. *Am Fam Physician*, 99(3), 166-174.
- Hendriks, E., Rosenberg, R., & Prine, L. (2020). Ectopic Pregnancy: Diagnosis and Management. *Am Fam Physician*, 101(10), 599-606.
- Herbertsson, G., Magnusson, S. S., & Benediktsdottir, K. (1987). Ovarian pregnancy and IUCD use in a defined complete population. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 66(7), 607-610. <https://doi.org/10.3109/00016348709022065>
- Hoover, R. N., Hyer, M., Pfeiffer, R. M., Adam, E., Bond, B., Cheville, A. L., Colton, T., Hartge, P., Hatch, E. E., Herbst, A. L., Karlan, B. Y., Kaufman, R., Noller, K. L., Palmer, J. R., Robboy, S. J., Saal, R. C., Strohsnitter, W., Titus-Ernstoff, L., & Troisi, R. (2011). Adverse health outcomes in women exposed in utero to diethylstilbestrol. *N Engl J Med*, 365(14), 1304-1314. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1013961>
- Houser, M., Kandalaft, N., & Khatri, N. J. (2022). Ectopic pregnancy: a resident's guide to imaging findings and diagnostic pitfalls. *Emerg Radiol*, 29(1), 161-172. <https://doi.org/10.1007/s10140-021-01974-7>
- Jurkovic, D., & Mavrelos, D. (2007). Catch me if you scan: ultrasound diagnosis of ectopic pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 30(1), 1-7. <https://doi.org/10.1002/uog.4077>
- Kamwendo, F., Forslin, L., Bodin, L., & Danielsson, D. (2000). Epidemiology of ectopic pregnancy during a 28 year period and the role of pelvic inflammatory disease. *Sex Transm Infect*, 76(1), 28-32. <https://doi.org/10.1136/sti.76.1.28>
- Li, C., Zhao, W. H., Meng, C. X., Ping, H., Qin, G. J., Cao, S. J., Xi, X., Zhu, Q., Li, X. C., & Zhang, J. (2014). Contraceptive Use and the Risk of Ectopic Pregnancy: A Multi-Center Case-Control Study. *PLOS ONE*, 9(12), e115031. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115031>
- Li, C., Zhao, W. H., Zhu, Q., Cao, S. J., Ping, H., Xi, X., Qin, G. J., Yan, M. X., Zhang, D., Qiu, J., & Zhang, J. (2015). Risk factors for ectopic preg-

- nancy: a multi-center case-control study. *BMC Pregnancy Childbirth*, 15, 187. <https://doi.org/10.1186/s12884-015-0613-1>
- Lin, E. P., Bhatt, S., & Dogra, V. S. (2008). Diagnostic clues to ectopic pregnancy. *Radiographics*, 28(6), 1661-1671. <https://doi.org/10.1148/rg.286085506>
- Malacova, E., Kemp, A., Hart, R., Jama-Alol, K., & Preen, D. B. (2014). Long-term risk of ectopic pregnancy varies by method of tubal sterilization: a whole-population study. *Fertil Steril*, 101(3), 728-734. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2013.11.127>
- Marion, L. L., & Meeks, G. R. (2012). Ectopic pregnancy: History, incidence, epidemiology, and risk factors. *Clin Obstet Gynecol*, 55(2), 376-386. <https://doi.org/10.1097/GRF.0b013e3182516d7b>
- Mol, F., van Mello, N. M., Strandell, A., Strandell, K., Jurkovic, D., Ross, J., Barnhart, K. T., Yalcinkaya, T. M., Verhoeve, H. R., Graziosi, G. C. M., Koks, C. A. M., Klinte, I., Hogström, L., Janssen, I., Kragt, H., Hoek, A., Trimbos-Kemper, T. C. M., Broekmans, F. J. M., Willemsen, W. N. P., . . . Hajenius, P. J. (2014). Salpingotomy versus salpingectomy in women with tubal pregnancy (ESEP study): an open-label, multicentre, randomised controlled trial. *Lancet*, 383(9927), 1483-1489. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(14\)60123-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)60123-9)
- Morse, C. B., Sammel, M. D., Shaunik, A., Allen-Taylor, L., Oberfoell, N. L., Takacs, P., Chung, K., & Barnhart, K. T. (2012). Performance of human chorionic gonadotropin curves in women at risk for ectopic pregnancy: exceptions to the rules. *Fertil Steril*, 97(1), 101-106.e102. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2011.10.037>
- Mullany, K., Minneci, M., Monjazebe, R., & O, C. C. (2023). Overview of ectopic pregnancy diagnosis, management, and innovation. *Womens Health (Lond)*, 19, 17455057231160349. <https://doi.org/10.1177/17455057231160349>
- Njingu, A. E., Cumber, S. N., Geh, M. M., Edgar, M. M. L., Nkfusai, C. N., Ngunde, J. P., & Halle-Ekane, G. E. (2020). Incidence, risk factors, clinical presentation and treatment of ectopic pregnancy in the Limbe and Buea Regional Hospitals in Cameroon.
- Nybo Andersen, A. M., Wohlfahrt, J., Christens, P., Olsen, J., & Melbye, M. (2000). Maternal age and fetal loss: population based register linkage study. *Bmj*, 320(7251), 1708-1712. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7251.1708>
- Papageorgiou, D., Sapantzoglou, I., Prokopakis, I., & Zachariou, E. (2025). Tubal Ectopic Pregnancy: From Diagnosis to Treatment. *Biomedicines*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/biomedicines13061465>

- Rogne, T., Liew, Z., Hernez, ., Brumpton, B. M., & Magnus, M. C. (2022). Modifiable risk factors for ectopic pregnancy: a Mendelian randomization study. *Am J Obstet Gynecol*, 227(2), 339-341.e334. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2022.03.063>
- Samal, S. K., & Rathod, S. (2015). Cervical ectopic pregnancy. *J Nat Sci Biol Med*, 6(1), 257-260. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.149221>
- Schultheis, P., Montoya, M. N., Zhao, Q., Archer, J., Madden, T., & Peipert, J. F. (2021). Contraception and ectopic pregnancy risk: a prospective observational analysis. *Am J Obstet Gynecol*, 224(2), 228-229. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.10.013>
- Stewart, B. K., Nazar-Stewart, V., & Toivola, B. (1995). Biochemical discrimination of pathologic pregnancy from early, normal intrauterine gestation in symptomatic patients. *Am J Clin Pathol*, 103(4), 386-390. <https://doi.org/10.1093/ajcp/103.4.386>
- Stovall, T. G., Kellerman, A. L., Ling, F. W., & Buster, J. E. (1990). Emergency department diagnosis of ectopic pregnancy. *Ann Emerg Med*, 19(10), 1098-1103. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(05\)81511-2](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(05)81511-2)
- Tulandi, T., & Al-Jaroudi, D. (2004). Interstitial pregnancy: results generated from the Society of Reproductive Surgeons Registry. *Obstet gynecol*, 103(1), 47-50. <https://doi.org/10.1097/01.Aog.0000109218.24211.79>
- Weckstein, L. N. (1987). Clinical diagnosis of ectopic pregnancy. *Clin Obstet Gynecol*, 30(1), 236-244. <https://doi.org/10.1097/00003081-198703000-00032>
- Wong, E., & Suat, S. O. (2000). Ectopic pregnancy--a diagnostic challenge in the emergency department. *Eur J Emerg Med*, 7(3), 189-194. <https://doi.org/10.1097/00063110-200009000-00005>
- Xiao, C., Shi, Q., Cheng, Q., & Xu, J. (2021). Non-surgical management of tubal ectopic pregnancy: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*, 100(50), e27851. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000027851>
- Zhang, D., Shi, W., Li, C., Yuan, J. J., Xia, W., Xue, R. H., Sun, J., & Zhang, J. (2016). Risk factors for recurrent ectopic pregnancy: a case-control study. *Bjog*, 123(Suppl 3), 82-89. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.14011>
- Zhang, J., Thomas, A. G., & Leybovich, E. (1997). Vaginal douching and adverse health effects: a meta-analysis. *Am J Public Health*, 87(7), 1207-1211. <https://doi.org/10.2105/ajph.87.7.1207>

Kremalı Pastalarda *Staphylococcus aureus* Varlığı ve İzolatların Enterotoksijenik Özelliklerinin Araştırılması¹

Bilgenur Karaçor²

Mehmet Elmalı³

Özet

Bu çalışmada, analiz edilen 100 kremalı yaş pasta örneğinin 15'inden (%15) *S. aureus* saptandı. Temmuz ayında toplanan örneklerden %53.3 ve kasım ayında toplanan örneklerden ise %46.6 oranında *S. aureus* izole edilmiştir. Analiz edilen kremalı pasta örneklerinde saptanan *S. aureus* varlığının dağılımı değerlendirildiğinde 3 adedi (%20) çikolatalı, 8 adedi (%53.3) meyveli ve 4 adedi (26.7) ise sade yaş pasta örneği olarak belirlendi.

Pozitif örneklerde genotipik analizlerde *sea* 3 (%20), *sec* 4 (%26.7), *sed* 15 (%100), *see* 2 örnekten (%13.3) saptanırken, *seb* hiçbir izolattan saptanmadı. Temmuz ayı içerisinde saptanmış *S. aureus* izolatlarında SE sentezleyen genlerin toplam içerisindeki oranı %45.83 (11/24) ve kasım ayı içerisinde ise %54.16 (13/24) olarak saptandı. Temmuz ayı içerisinde saptanmış *S. aureus* izolatlarında predominant gen *sed* (%72.72), takiben *sec* (%27.27) gelirken, kasım ayı içerisinde prodominant gen *sed* (%53.84), *sea* (%23.07), *see* (%15.38) ve *sec* (% 7.69) sıralanmıştır.

Sonuç olarak; *Staphylococcus aureus* insan sağlığı açısından risk yaratabilen bir mikroorganizma olduğundan intoksikasyonlardan korunmada ham maddenin başlangıç mikrobiyel yükünün düşük olmasının ve uygun teknikte üretim yapılmasının önemli olduğu, ürünün muhafazası, nakil, servis aşaması ve sanitasyon programlarının etkinliğinin kontrol edilmesi yanı sıra HACCP'in ön gördüğü protokoller kapsamında uygulanmasının gerektiği kanaatine varılmıştır.

- 1 Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen yüksek lisans tezinin özetidir. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 21.YL.010 nolu proje olarak desteklenmiştir
- 2 Veteriner Hekim, Bilgenur KARAÇOR Çiftliği, Ceyhan, Adana., bilgenurrr9495@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5705-3723
- 3 Prof. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Antakya, Hatay, elmali25erz@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8479-5757

1. GİRİŞ

Staphylococcus aureus (*S. aureus*) insan, hayvan, su ve hava gibi ortamlarda bulunabilen diğer bir ifade ile ubiquiter karakter gösteren, insanlarda infeksiyon ve/veya kontamine gıda tüketimi sonucunda toksikasyona neden olan bir mikroorganizmadır (Erol 2007). Özellikle gıda sektöründe çalışanların deri ve burun mikroflorasın kaynaklı veya öksürme sonucu damlacık bulaşma gibi yollarla sekretleri ile gıdayı kontamine edebilirler (Archer 1998, Çakıcı ve ark. 2015). Ayrıca gıda işletmelerinde kullanılan alet ve ekipman kaynaklı kontaminasyonlar bulaşmada önemli rol oynar (Sağlam ve Şeker 2016, Park ve Seo 2019, Tarris ve ark. 2021).

Stafilokokal toksikasyonlarda salata, et ve ürünleri, süt ve ürünleri, yağ pasta, kek, konserve, tüketime hazır gıda ve yumurta sıklıkla karşımıza çıkan gıdalar listesinde yer almaktadır (Tatini ve Bennet 1999, CDC 2002, Hampikyan ve ark. 2008, Giannatale ve ark. 2011, Gücükoğlu ve ark. 2012, Hennekinne ve ark. 2012, Kısa ve Tuncer 2021).

Stafilokokal enterotoksinler (SE) denatürasyon, düşük pH, yüksek ısı ve proteolitik enzimlere oldukça dirençlidir (Schantz ve ark. 1965, Humber ve ark. 1975, Evenson ve ark. 1988). Ayrıca, etkenin düşük su aktivitesinde üremesi ise gıdalarda toksin oluşumu riskini arttırmaktadır (Schmitt ve ark. 1990, Adams ve Moss 2008, Qin ve ark. 2017).

Kremalı pasta dünya ve ülkemiz mutfak kültüründe önemli bir yer tutmaktadır. Üretiminde yumurta, süt, un, şeker, nişasta ve kakao gibi malzemeler kullanılır ve bu malzemelerin mikrobiyel, kimyasal ve fiziksel kalitesi ürünün raf ömrünü ve insan sağlığını etkiler.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç

Bu araştırmada, 2021 yılının Temmuz ve Kasım aylarında Adana ilinde farklı pastanelerde üretilip satışa sunulan 35 adet çikolata, 35 adet meyveli ve 30 adet sade toplamda 100 adet kremalı yağ pasta örneği materyal olarak kullanıldı. Ürünler laboratuvara soğuk zincir (+4°C) altında getirildi ve 24 saat içerisinde mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirildi.

2.2. Yöntem

2.2.1. Örneklerin Alınması

Aseptik koşullarda toplanan yaklaşık 100 gram kremalı pasta örnekleri soğuk zincir (+4°C) altında laboratuvara getirildi ve *S. aureus* varlığı ve

enterotoksin sentezinden sorumlu (*sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see*) genler bakımından analiz edildi.

2.2.2. Mikrobiyolojik Analizler

S. aureus varlığı klasik kültür metodu olarak Tallent ve ark. (2016), PCR analizinde ise Brakstad ve ark. (1992) tarafından önerilen *S. aureus*'a özgü *nuc* geni, enterotoksin sentezleyen genlerin varlığının saptanmasında ise Mehrotra ve ark. (2000) tarafından önerilen gen primer çiftleri kullanıldı.

2.2.2.1. *Staphylococcus aureus* İzolasyon ve İdentifikasyonu

Analiz edilecek örneklerden 10 gram alınarak steril polietilen poşetler konuldu, her bir steril polietilen poşetin içerisine 90 ml peptonlu su (%0.1) eklendi. Steril polietilen poşetlerin içerisindeki örnekler Stomacherde (Interscience, France) yaklaşık 2 dakika homojenize edildi. Önceden hazırlanan steril Baird parker agarlara (BP- Egg yolk tellurite içeren) öze kullanılarak çizme plak tekniği ile ekim yapıldı. Petriler 35°C'de 24-48 saat aerob koşullarda inkübe edildi. Bu sürenin sonunda üreyen tipik siyah, parlak, zon oluşturan lesitinaz pozitif koloniler ile atipik zon oluşturmeyen koloniler şüpheli kabul edildi. Şüpheli kolonilere Gram boyama, katalaz, koagülaz testleri ve DNA ekstraksiyonu yapıldı.

2.2.3. Moleküler Analizler

2.2.3.1. DNA Ekstraksiyonu

BP agarda üreyen tipik ve atipik şüpheli kolonilerden Brain heart infusion brota (BHI) ekim yapıldı. BHI'lar 24 saat aerob koşullarda 35°C'de inkübe edilerek zenginleştirme işlemi yapıldı. Bu süre sonunda bulanıklık oluşturan tüpler DNA ekstraksiyonunda kullanıldı.

DNA ekstraksiyonunda hazır ticari kit (Vivantis, GF-1) kullanıldı. DNA ekstraksiyonu üretici firmanın önerdiği protokole göre yapıldı.

2.2.3.2. PCR analizi

Moleküler analizlerde, Brakstad ve ark. (1992) tarafından önerilen *S. aureus*'a özgü *nuc* gen primer çiftleri kullanıldı. Kullanılan gen primer çiftleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. PCR analizinde hazır master miks kullanıldı (Ampliqon, PCR enzymes, Reagents). Analizde kullanılan PCR karışımı ticari firmanın önerdiği aralıkta Çizelge 2.2'de verildiği biçimde toplam hacim 20µl olarak hazırlandı. Keyvan ve Özdemir (2016) ve Mehrotra ve ark. (2000)'nın önerdiği amplifikasyon koşulları Çizelge 2.3. verildiği biçimde uygulandı.

Çizelge 2.1. *S. aureus* identifikasyonunda kullanılan gen primer çiftleri

Hedeflenen gen	Primer sekansı (5'-3')	Amplifikon büyüklüğü (bp)	Kaynak
<i>nuc</i>	F-GCG ATT GAT GGT GAT ACG GTT	279	Brakstad ve ark. (1992)
	R-AGC CAA GCC TTG ACG AAC TAA AGC		

*F; Forward, R; Reverse***Çizelge 2.2. Araştırmada kullanılan PCR karışımı**

PCR karışımı	Miktar (μl)
Hazır Master miks (Ampliqon, PCR enzymes, Reagents)	10
<i>nuc</i> -F1	0,5
<i>nuc</i> -R1	0,5
PCR Water	7
DNA	2
Toplam	20

*F; Forward, R; Reverse***Çizelge 2.3. Araştırmada uygulanan amplifikasyon koşulları (Keyvan ve Özdemir 2016, Mehrotra ve ark. 2000).**

Basamaklar	Isı-zaman
Ön Denatürasyon	94°C'de 4 dk
Denatürasyon	94°C'de 30 sn /35 siklus
Annealing (Bağlanma)	57,5°C'de 30 sn/35 siklus
Extension (Uzama)	72°C'de 40 sn/35 siklus
Son uzama	70°C'de 10 dk

2.2.4. Enterotoksin sentezleyen genlerin analizi

S. aureus pozitif olarak saptanan izolatlar stafilkokal enterotoksinlerin sentezinden sorumlu genler olan *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* bakımından Mehrotra ve ark., (2000) tarafından önerilen gen spesifik primerler kullanılarak analiz edildi. Araştırmada kullanılan hedef genler, primer sekansları ve amplifikon büyüklükleri (bp) Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Moleküler analizde birbirine yakın bp aralıklardaki toksin üreten genleri jel elektroforezde kolay yorumlayabilmek için, *sea*, *sec* ve *see* primerlerini içeren PCR karışımı SET 1 (Çizelge 2.5) ile *seb* ve *sed* primerlerini içeren PCR karışımı ise SET2 (Çizelge 2.6) olarak hazırlanarak ayrı ayrı amplifiye edilmiştir. Çizelge 2.7’de ise *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* hedef genleri için uygulanan amplifikasyon koşulları verilmiştir (Mehrotra ve ark. 2000).

Çizelge 2.4. Araştırmada kullanılan gen primer çiftleri

Hedeflenen Genler	Primer sekansı (5'-3')	Amplifikon Büyüklüğü (bp)	Kaynak
<i>sea</i>	F-GGTTATCAATGTGCGGGTGG R-CGGCACTTTTTCTCTTCGG	102	Mehrotra ve ark. (2000)
<i>seb</i>	F-GTATGGTGGTGTAAGTACGAGC R-CCAAATAGTGACGAGTTAGG	164	
<i>sec</i>	F-AGATGAAGTAGTTGATGTGTATGG R-CACACTTTTAGAATCAACCG	451	
<i>sed</i>	F-CCAATAATAGGAGAAAATAAAAG R-ATTGGTATTTTTTTTCGTTC	278	
<i>see</i>	F-AGGTTTTTTTCACAGGTCATCC R-CTTTTTTTTCTTCGGTCAATC	209	

F; Forward, R; Reverse

Çizelge 2.5. Araştırmada *sea*, *sec* ve *see* genleri için kullanılan PCR karışımı (SET 1)

PCR karışımı	Miktar (μl)
Hazır Master miks	12,5
<i>sea</i> F	1
<i>sea</i> R	1
<i>sec</i> F	1
<i>sec</i> R	1
<i>see</i> F	1
<i>see</i> R	1
Ultra saf su	5,5
DNA	1
Toplam hacim	25

F; Forward, R; Reverse

Çizelge 2.6. Araştırmada *seb* ve *sed* genleri için kullanılan PCR karışımı (SET2)

PCR karışımı	Miktar (μl)
Hazır Master miks	12,5
<i>seb</i> F	1
<i>seb</i> R	1
<i>sed</i> F	2
<i>sed</i> R	2
Ultra saf su	5,5
DNA	1
Toplam hacim	25

F; Forward, R; Reverse

Çizelge 2. 7. Araştırmada *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* genleri için uygulanan amplifikasyon koşulları (Mehrotra ve ark. 2000).

Ön Denatürasyon	94°C'de 5 dk
Denatürasyon	94°C'de 2 dk /35 siklus
Annealing (Bağlanma)	55°C'de 2 dk/35 siklus
Extension (Uzama)	72°C'de 1 dk/35 siklus
Son uzama	72°C'de 7 dk

Uygulanan amplifikasyon işlemleri sonucunda PCR ürünlerini içeren amplikonlar, pozitif ve negatif kontrol'den 5 μl (parafilm kağıt üzerinde 1 μl 6xloading dye ile karıştırılarak) ve DNA marker'den ise 3 μl (100 bp ladder; Thermo Fisher) %1,5 'lik konsantrasyonda hazırlanan agaroz jele (%5 oranında red safe içeren) yüklendi. Sonra, 120 volt elektrik akımında 50 dakika süre ile elektroforezde (CS-300V, England) yürütülerek, elektroforez işlemi yapıldı. Bu süre sonunda, ultraviyole transilluminatör jel görüntüleme cihazında (UVP, USA) DNA marker, pozitif ve negatif kontrol ile spesifik DNA bantları görüntülenerek değerlendirildi. Sırasıyla yaklaşık 279, 102, 164, 451, 278 ve 209 bp'de bant veren amplikonlar *nuc*, *sea*, *sec*, *sed* ve *see* geni bakımından pozitif olarak değerlendirildi. Araştırmada *seb* bulunmadı. Doğrulan izolatlar gliserinli broth içerisinde -20°C'de muhafaza edildi.

Pozitif Kontroller

Araştırmada kullanılan *seb*, *sec*, *sed*, ve *see* genlerinin pozitif kontrolleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi ve *sea* geninin

pozitif kontrolü ise İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesinden temin edildi.

2.2.5. İstatistiki Değerlendirme

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki değerlendirilmesinde yüzdelik olarak hesaplamalar yapıldı.

3. BULGULAR

Bu çalışmada Adana ilinde bulunan değişik pastanelerden Temmuz 2021 ve Kasım 2021 tarihlerinde toplanan 35 adet çikolatalı, 35 adet meyveli ve 30 adet sade olmak üzere, toplam da 100 kremalı yaş pasta örneğinden *S. aureus* varlığı ve elde edilen izolatlarda enterotoksin oluşumundan sorumlu olan *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* genlerinin varlığı araştırılmıştır.

Klasik kültür metodu ve moleküler analiz sonucunda; Analiz edilen 100 kremalı yaş pasta örneğinin 15'inden (%15) *S. aureus* izole edilmiştir. *Staphylococcus aureus* pozitif örneklerinin 3 adedi (%20) çikolatalı, 8 adedi (%53.3) meyveli ve 4 adedi (26.7) ise sade yaş pasta olarak belirlendi (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Farklı pasta örneklerinden izole edilen *S. aureus* sayı ve oranları

Örnek	Sayısı	<i>S. aureus</i> pozitif	Toplam <i>S. aureus</i> pozitif örneklerin içerisindeki oranı
Çikolatalı	35	3 (%8.5; 3/35)	%20 (3/15)
Meyveli	35	8 (%22.8; 8/35)	%53.3 (8/15)
Sade	30	4 (%13.3; 4/30)	%26.7 (4/15)
Toplam	100	15 (%15; 15/100)	%100 (15/15)

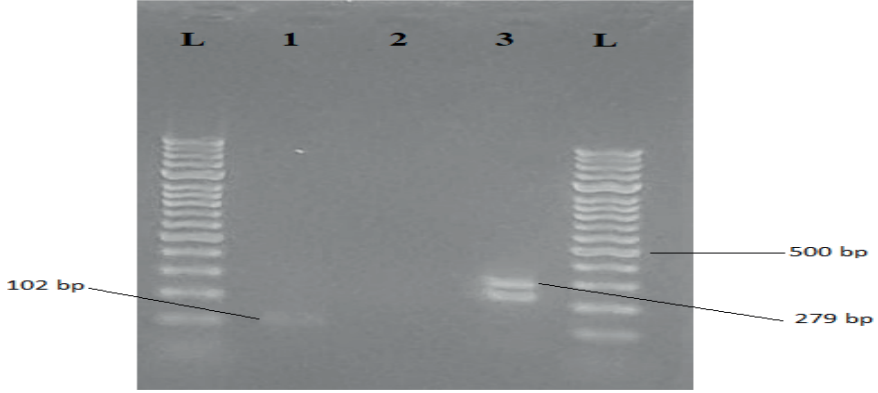
Elde edilen *S. aureus* izolatlarından 8'i (%53.3; 8/15) Temmuz, 7'si (%46.7; 7/15) Kasım ayında üretilip tüketime sunulan pastalardan saptanmıştır. *S. aureus* bakımından pozitif bulunan 15 adet izolatta enterotoksin sentezinden sorumlu *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* genleri değerlendirildiğinde; *sea* 3 (%20), *sec* 4 (%26.7), *sed* 15 (%100), *see* 2 izolatta (%13.3) saptanırken, *seb* genini hiçbir izolatın taşımadığı bulundu.

Temmuz ayı içerisinde *S. aureus* izolatlarında SE sentezleyen genlerin oranı %45.83 (11/24) iken, kasım ayı içerisinde %54.16 (13/24) olarak saptandı. Temmuz ayında predominant gen *sed* (%72.72) takiben *sec* (%27.27) iken kasım ayında sıralama *sed* (%53.84), *sea* (23.07), *see* (%15.38) ve *sec* (%7.69) olarak saptandı. Pozitif izolatlarda saptanan enterotoksin

sentezleyen genlerin ay ve örneklerle göre dağılımı Çizelge 3.2'de detaylı olarak verilmiştir. İzolatların jel elektroforezdeki görüntüleri ise Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir.

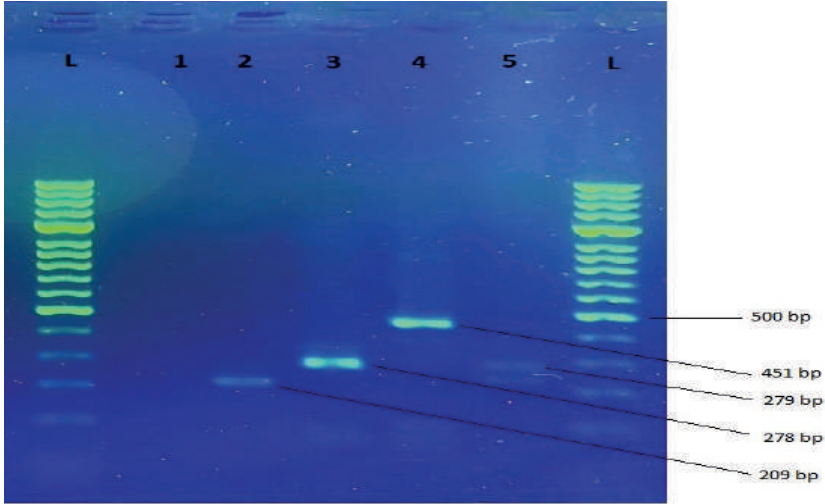
Çizelge 3. 2. S. aureus izolatlarından saptanan enterotoksin sentezleyen genlerin ay ve örneklerle göre dağılımı

ÖRNEK İZOLAT/AY	<i>sea</i>	%	<i>seb</i>	%	<i>sec</i>	%	<i>sed</i>	%	<i>see</i>	%
ÇİKOLATALI										
1. İzolat/Temmuz	-		-		+		+		-	
2. İzolat/Kasım	+		-		+		+		-	
3. İzolat/Kasım	-		-		-		+		-	
TOPLAM	1	%33.3 (1/3)	0	%0	2	%50 (2/4)	3	%20 (3/15)	0	%0
MEYVELİ										
4. İzolat/Temmuz	-		-		-		+		-	
5. İzolat/Temmuz	-		-		-		+		-	
6. İzolat/Temmuz	-		-		+		+		-	
7. İzolat/Temmuz	-		-		-		+		-	
8. İzolat/Kasım	-		-		-		+		+	
9. İzolat/Kasım	+		-		-		+		-	
10. İzolat/Kasım	-		-		-		+		-	
11. İzolat/Kasım	-		-		-		+		-	
TOPLAM	1	%33.3 (1/3)	0	%0	1	%25 (1/4)	8	%53.3 (8/15)	1	%50 (1/2)
SADE										
12. İzolat/Temmuz	-		-		-		+		-	
13. İzolat/Temmuz	-		-		+		+		-	
14. İzolat/Temmuz	-		-		-		+		-	
15. İzolat/Kasım	+		-		-		+		+	
TOPLAM	1	%33.3 (1/3)	0		1	%25 (1/4)	4	%26.7 (4/15)	1	%50 (1/2)
GENEL TOPLAM	3	%100	0	%0	4	%100	15	%100	2	%100



Şekil 3.1. İzolatların jel elektroforezde görüntüleri

L; Ladder (100 bp), 1; sea, 2; Negatif Kontrol (Ultra saf su), 3; S. aureus (Pozitif Kontrol)



Şekil 3.2. İzolatların jel elektroforezde görüntüleri

L; Ladder (100 bp), 1; Negatif Kontrol (Ultra saf su), 2; sea, 3; sed, 4; sec, 5; S. aureus (Pozitif Kontrol)

4. TARTIŞMA

Konu ile ilgili olarak yapılan ulusal ve uluslararası araştırmalar incelendiğinde, kremalı pastalarda çok geniş bir skalada *S. aureus* varlığı gözlemlenmektedir.

Oh ve ark. (2007), 38 adet kremalı kekin %31.6'sından ve 342 adet pirinçli kekin %33.9'undan *S. aureus* izole edildiğini, pirinçli keklerde enterotoksijenik *S. aureus* oranının % 59.1 ve ısı işlemi görmüş ürünlerde (kremalı kek, krem kek ve ekmek) ise %56.3 olarak saptandığını, *sea*'nın predominant karakter gösterdiğini bildirmektedir. Huong ve ark. (2010), 48 adet süt örneğinden % 35.4 ve 55 adet pirinç kek örneğinden %16.3 oranında *S. aureus* saptadıklarını bildirmektedir. Araştırmacılar aynı araştırmada süt örneklerinin 3'ünden SEA, 2'sinden SEB, 3'ünden SEC, pirinçli kek örneklerinin 3'ünden SEB saptandığını bildirmektedir.

Aydın ve ark. (2011), 141 adet ısı işlemi görmüş ürün (pasta, yufka, kek), 303 çiğ süt ve 452 adet süt ürünü (krema, peynir, yağ ve yoğurt) inceledikleri araştırmada sırasıyla 5, 31 ve 36 örnekten *S. aureus* enterotoksin sentezleyen gen izole edildiğini, *sea* sırasıyla %0, %9.7 ve %11.1, *sec* %0, %22.6, %8.3, *sea+sec* %0, %3.2, %2.8, *seb+sec* %0,%0, %2.8 oranında saptandığını bildirmektedir.

Giannatale ve ark. (2011), 55 adet kremalı pasta örneğinden %3.6 oranında *S. aureus* izole edildiğini ve *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see*'nin saptanmadığını bildirmektedir. Aslan (2012), 25 adet yaş pasta örneğinin %36'sından *S. aureus* izole edildiğini, 2 örnekte (%8) enterotoksin saptandığını bildirmektedir. Jafaeri ve ark. (2013), 35 adet kek ve turta örneğinden sırasıyla %94.4 ve %48 oranında *S. aureus* saptandığını bildirmektedir.

Baumgartner ve ark. (2014), ön ısıtma işlemi görmüş pastalardan izole edilen izolatlarda ise *sec*, *sej* ve *sei* genlerinin saptandığını bildirmektedirler. Tang ve ark. (2015), 2010 yılı içerisinde 1 adet süt ürünü, 5 adet kek, 3 adet şekerleme ve 2 adet yumurta ürününde yaptıkları araştırmada *S. aureus* oranını sırasıyla %0, 80, 33.3 ve 100 olarak saptadıklarını bildirmektedirler. Aynı araştırmada elde edilen *S. aureus* izolatlarının enterotoksijenik gen dağılımı ise sırasıyla kekta 1 adet *seln*, şekerlemelerde 1 adet *sej*, *selj* ve *ser* ve yumurta ürününde 2 adet *selk*, *seln* ve *ser* olarak belirlenmiştir.

Argudin ve ark. (2012), gıda, gıda ile temas eden, gıda enfeksiyonu kaynaklı olan ya da olmayan 64 adet *S. aureus* izolatu üzerine yaptıkları araştırmada, izolatların % 54.8'inden bir veya birden fazla gen olarak *sea*, *seb*, *sec* ve *sed* genlerini saptadıklarını, oranlarının ise sırasıyla %38.7, 12.9, 16.1 ve 22.6 olduğunu bildirmektedir.

Cho ve ark. (2019), 1464 adet kremalı üründen 42 adet koagülaz pozitif *S. aureus* izole edildiğini, genotipik incelemede ise *sea* %61.9, *seb*, *sec*, *sed* %0, *sea+seb* %2.4 ve *sea+sec*'i %9.5 oranında saptandığını bildirmektedirler. Song ve ark. (2016), 910 adet kremalı kekten % 15.5 oranında *S. aureus* izole edildiğini, izolatların %29.8'inde SE üreten *S. aureus* saptandığını, %7.8'inin ise SEB olarak tanımlandığını bildirmektedir.

Carav (2019), 27 adet meyveli, 9 adet çikolatalı yaş pasta ve 11 adet ek örneği stafilokokal enterotoksinlerin varlığı yönünden incelendiğini, 1 adet beyaz orman meyveli pastada SEA ve SED, 1 adet meyveli pastada SEA, 1 adet çikolatalı pastada SEA, 1 adet ekte SEA saptandığını bildirmiştir. Sundararaj ve ark. (2019), 25 süt ve 25 adet kek örneğinin sırasıyla 13 ve 4 adedinden *S. aureus* izole edildiğini bildirmektedir. Araştırmacılar, süt ve kek örneklerinden elde edilen izolatlarda sırasıyla *seb*, *sea* ve *sec*'i 6,3,4 ve 1,1,2 izolatta saptadıklarını bildirmektedir.

Güçükoğlu ve ark. (2020), analiz edilen süt içeren tatlılardan (35 supangile, 30 keşkül, 25 fırın sütlaç, 15 kazandibi, 15 tavuk göğsü ve 10 profiterol) sırasıyla % 31.4, 40, 4, 20, 26.6 ve 40 oranında *S. aureus* izole edildiğini bildirmektedir. Araştırmacılar, Supangilede 1 (%25) örnekte *sea*, 3 (%75) örnekte *seb*, keşkül örneklerinde 2 (%50) örnekte *sea*, 1 örnekte (%25) *seb*, 1 (%25) örnekte *sea+seb*, kazandibinde 1 (%100) örnekte *seb*, tavuk göğsünde 2 (%50) örnekte *sea*, 1 (%25) örnekte *see*, 1 (%25) örnekten *sea+seb* izole edilirken, profiterol ve fırın sütlaçtan ise *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* izole edilemediğini bildirmektedir. Titouche ve ark. (2020), 54 adet çiğ süt ve 83 adet pasta örneğinden sırasıyla %37.04 ve %14.46 oranında *S. aureus* izole edildiğini, çiğ süttten 24 ve pastadan 25 adet izole edilen izolatın sırasıyla *sea*, *seb* ve *sec* sayısının 2,4,0 ve 0,2,4 olarak saptandığını bildirmektedir.

Bazı araştırmacıların bulguları yüksek (Oh ve ark. 2007, Huong ve ark. 2010, (pirinç kek araştırma bulguları), Aslan 2012, Jafaeri ve ark. 2013, Tang ve ark. 2015 (kek araştırma bulguları), Güçükoğlu ve ark. 2020'nin (Profiterol bulguları) araştırma bulguları bu araştırma verilerine göre yüksek bulunmuştur.

Giannatale ve ark. (2011) ve Cho ve ark. (2019)'nın araştırma bulguları ise bu araştırma verilerine göre düşük bulunmuştur. Song ve ark. (2016), Sundararaj ve ark. (2019) ve Titouche ve ark. (2020) (pasta örnekleri) araştırma bulguları ise bu araştırma verileri ile benzerlik göstermektedir.

Araştırmacıların pasta, kremalı pasta veya kek odaklı çalışmaları bireysel olarak incelendiğinde bu araştırmaya göre *S. aureus* varlığı ve düzeyi ile

ilgili bulguların farklı olması araştırmaların yapıldığı coğrafya (Oh ve ark. 2007, Huong ve ark. 2010, Giannatale ve ark. 2011, Aslan 2012, Jafaeri ve ark. 2013, Tang ve ark. 2015, Cho ve ark. 2019, Gücükoğlu ve ark. 2020), araştırmamanın yapıldığı mevsim ve araştırma süresinin (Huong ve ark. 2010, Giannatale ve ark. 2011, Gücükoğlu ve ark. 2020) farklı olmasına bağlanabilir.

Araştırmalarda örnek sayısının az ya da çok olması (Oh ve ark. 2007, Huong ve ark. 2010, Giannatale ve ark. 2011, Aslan 2012, Jafaeri ve ark. 2013, Tang ve ark. 2015, Cho ve ark. 2019, Gücükoğlu ve ark. 2020), örneklerin toplanma sıklığı ve örneklerin alındığı bölgenin coğrafi genişliği araştırma bulgularının farklı oranlarda olmasının nedenleri olabilir.

Yine, araştırma bulgularının farklı olması araştırmalarda yaşam alanlarının nüfus bağlamında büyüklüğü veya küçüklüğü, örnek alınan yerin niteliği gibi nedenlere bağlanabilir.

Araştırmada uygulanan izolasyon prosedürü (klasik kültür, moleküler teknikler) (Oh ve ark. 2007, Huong ve ark. 2010, Giannatale ve ark. 2011, Aslan 2012, Jafaeri ve ark. 2013, Tang ve ark. 2015, Cho ve ark. 2019, Gücükoğlu ve ark. 2020), örneklerin alındığı işletmelerde üretim sürecinde uygulanan hatalı işlemlere bağlı oluşan teknolojik kusurlar, ürünün muhafaza koşulları ve yetersiz sanitasyon programları gibi faktörlerde araştırma bulgularındaki farklılıkların nedenleri arasında değerlendirilmektedir.

Bu araştırmada temmuz ayında toplanan örneklerden %53.3 (8/15) ve kasım ayında toplanan örneklerden ise %46.6 (7/15) oranında *S. aureus* izole edilmiştir. Oransal olarak, sıcak temmuz ayı ile daha serin olan kasım ayında *S. aureus*'un saptanma oranında ciddi bir fark görülmemiştir. Enterotoksin sentezleyen genler bakımından değerlendirildiğinde ise; temmuz ayı içerisinde saptanmış *S. aureus* izolatlarında SE sentezleyen genlerin toplam içerisindeki oranı %45.83 (11/24) ve kasım ayı içerisinde ise %54.16 (13/24) olarak saptanmıştır. Temmuz ayı içerisinde saptanmış *S. aureus* izolatlarında predominant gen *sed* (%72.72), takiben *sec* (%27.27) gelirken, kasım ayı içerisinde predominant gen *sed* (%53.84), *sea* (%23.07), *see* (%15.38) ve *sec* (% 7.69) sıralanmıştır.

Bu araştırmada kremalı pastalarda SE varlığı analiz edilmediğinden SE varlığı üzerine çalışma yapan araştırmacıların (Huong ve ark. 2010, Cho ve ark. 2019, Song ve ark. 2016 ve Carav 2019) gıdalarda SEA, SEB, SEC, SED ve SEE'yi fenotipik olarak saptaması, izolatlarda enterotoksin sentezinden sorumlu gen veya genlerin (*sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see*) izolatlarda aktif olarak bulunabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Lopes ve ark. (1993) ve Schelin

ve ark. (2011) gıdanın kompozisyonu, sıcaklığı ve pH'nın sentezlenen SE'nin tipini etkilediğini bildirmektedirler. Nitekim yapılan araştırmalar genotipik olarak *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* genleri ile SEA, SEB, SEC, SED ve SEE'nin yalnız veya kombine olarak farklı oranlarda saptandığını göstermektedir.

Kremalı yaş pasta üretim tekniğinde; yumurta, süt, sıvı yağ, şeker, un, kabartma tozu, vanilya ve krema ve lezzeti arttırmak amacıyla farklı alternatif ürünlerinde kullanılarak ürünün bileşimine katılmasıyla hazırlanmaktadır. Ürünün bileşiminde olan her bir ögenin ürünün mikrobiyel ve kimyasal kalitesi ile lezzeti ve raf ömrü üzerine etkisi bulunmaktadır. Pasta üretiminde kullanılan hammaddelerin başlangıç mikrobiyel yükünün uygun olmaması, hammaddelerin uygun olmayan depolama koşullarında muhafaza edilmesi ve uygun olmayan hijyenik koşullarda üretimin yapılması, primer veya sekonder kontaminasyon kaynaklı *S. aureus* düzeyinin artması ve SE oluşumu sonucunda intoksikasyon oluşabilir.

Kremalı yaş pastanın bileşiminde ana öge olan çiğ süt, krema ve yumurta gibi ürünlerle ilgili olarak yapılan araştırmalarda *S. aureus* ve enterotoksinlerinin varlığı önemli derecede risk olduğunu göstermektedir. Adwan ve ark. (2005), 250 adet çiğ süt örneğinden (120 koyun ve 130 keçi) toplamda 37 adet enterotoksijenik *S. aureus* izole edildiğini, *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* oranının sırasıyla %10.8, 54.1, 10.8, 16.2 ve 8.1 olarak saptandığını bildirmektedir.

Ertaş ve Gönülalan (2010), 100 çiğ süt örneğinden %60 oranında stafilokok saptandığını, 300 izolattan %14'ünün (42 adet) *S. aureus* olduğunu, 31 izolatta (%73.8) enterotoksin genleri varlığının saptandığını, bunların %38.7'sinin *sea*, %6.5'inin *seb*, %16.1'inin *sec*, %32.3'ünün *sed*, %6.5'inin *sea+sed* olduğunu bildirmektedir.

Hu ve ark. (2013), 40 adet çiğ süt örneğinden %30, 40 adet süt ürününden ise %7.5 oranında *S. aureus* iole ettiklerini bildirmektedir. Hassani ve ark. (2014), 60 adet koyun, 30 adet inek ve 30 adet keçi sütünden oluşan çiğ süt örneklerinde yaptıkları araştırmada, sırasıyla 27 (%45), 10 (%33) ve 13 (%43) örnekten *S. aureus* izole ettiklerini ve izolatların ise *sea* pozitif oranının sırasıyla 6 (%22), 1 (%10) ve 3 (%23) olarak değiştiğini, *sea* geninin en çok koyun sütünden izole edilenlerde saptandığını bildirmektedir.

Rahimi (2013), 36 krema örneğinden %5.6 oranında *S. aureus* saptadıklarını, izolatların hiç birinden SE saptanmadığını, izolatlardan *seg*, *sei* 1 adet ve *sei*, *seb* 1 adet saptandığını, *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see*'nin saptanmadığını bildirmektedir. Mashouf ve ark. (2015), 66 adet krema, 271 adet çiğ süt ve 47 geleneksel krema örneğinden yapılan analizlerde, sırasıyla

4 (%6.1), 29 (%10.7) ve 2 adet (%4.3) izolatin *S. aureus* olarak saptandığını bildirmektedirler. Araştırmacılar, krema örneklerinden *sea* 1, *sed* 1, *sec*+*sed* 1 adet, çiğ süt örneklerinden *sea* 5, *seb* 1, *sec* 2, *sed* 2 ve *see* 1 adet olarak saptanırken, geleneksel krema örneklerinin hiçbirinden *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* saptanmadığını bildirmektedir.

Can ve ark. (2017a), mastitisli ineklerden alınan inek sütü örneğinin %48'inden pozitif sonuç elde edildiğini, 56 izolattan 22 adedin koagülaz pozitif stafilokok, 20 adedin ise *S. aureus* olduğunu bildirmektedir. Can ve ark. (2017b), 50 adet çiğ süt örneğinden 25 adedinden (%50) *S. aureus* izole edildiğini bildirmektedir. Diab ve ark. (2021), 170 inekten alınan 680 çiğ süt örneğinden yapılan analizlerde 157'sinden %21.6 oranında *S. aureus* saptandığını bildirmektedirler. *S. aureus* izolatlarında enterotoksin sentezleyen genlerin varlığını ise, *sea* 10, *seb* 3, *sec* 3, *sed* 2, *see* 2, *sea-seb* 1, *seb-sed* 1 olarak belirlendiğini bildirmektedir.

Bu araştırmada izole edilen *S. aureus* izolatlarındaki *sea*, *seb*, *sec*, *sed* ve *see* genleri oranları, kremalı pasta ve pasta bileşimine giren süt, krema, kek vb. ürünler üzerine yapılan araştırmalardaki enterotoksijen sentezinden sorumlu gen verileri ile karşılaştırıldığında (Adwan ve ark. 2005, Ertaş ve Gönülalan 2010, Aydın ve ark. 2011, Giannatale ve ark. 2011, Argudin ve ark. 2012, Rahimi 2013, Baumgartner ve ark. 2014, Hassani ve ark. 2014, Mashouf ve ark. 2015, Tang ve ark. 2015, Cho ve ark. 2019, Sundararaj ve ark. 2019, Gücükoğlu ve ark. 2020, Titouche ve ark. 2020) benzerlik ya da farklılıklar görülmektedir. Bu farklılık ürünlerin bileşimi, kimyasal yapısı, pH'ı ve üretim tekniği ile izolatların genotipik özelliklerinin farklı olması ile açıklanabilir.

Ürünün hazırlanma sürecinde Pondit ve ark. (2018), 220 tavuk, 80 bıldırcın yumurtası yüzeyinden alına svap örneklerden sırasıyla %10.45 ve %5 oranında *S. aureus* saptandığını bildirmektedir. Rahman ve ark. (2018), 20 adet tavuk yumurtasından %55 oranında *S. aureus* izole edildiğini bildirmektedir. Syed ve ark. (2018), 300 yumurtadan %21.3 oranında stafilokok izole edildiğini ve %59'unun *S. aureus* olarak tanımlandığını bildirmektedir. Kholly ve ark. (2022), Mısır'da 250 adet yumurta örneğinden %13.5 oranında *S. aureus* izole edildiğini, izolatların 2 adedinde *seb*, 1 adedinden *sed* saptandığını bildirmektedirler.

Kremalı pasta üretim sürecinde üretimde kullanılan hammaddelerin başlangıç mikrobiyel yükü ile üretim süreci ve sonrasındaki rekontaminasyonlar son ürünlerdeki *S. aureus* varlığı, düzeyi ve SE oluşumunu etkileyebilmektedir. Kontamine gıdaların tüketilmesinden sonra uygun koşullarda (su aktivitesi, pH, oksidasyon redüksiyon potansiyeli, sıcaklık ve %NaCl) ve matriks bileşimine bağlı olarak, etkenin logaritmik üreme fazına

girdiği görülmektedir (Tatini, 1973; Adams ve Moss 2008). Anunciaçao ve ark. (1995), oda sıcaklığında muhafaza ile başlangıç kontaminasyon düzeyinin SE sentez için gerekli süreyi azalttığını bildirmektedirler.

Keki pişirme sürecinde uygulanan ısı-zaman parametresiyle, hamur karışımındaki *S. aureus* yıkımlanırken, olası SE toksinleri yıkımlanmayabilir. Uygulanan ısı işlemiyle *S. aureus* yıkımlandığından, pişirme sonucunda kremalı yaş pastalarda yapılan analizlerde *S. aureus*'un saptanması sekonder kontaminasyonlara bağlanabilir.

Son üründe, SE saptanması ise ısı işlemi öncesi *S. aureus* ile kntaminasyon düzeyinin 10^6 kob/g ve üzerinde olması durumunda uygun koşullarda SE oluşumu veya ısıl işlem sonrasında sekonder kontaminasyona bağlı olarak *S. aureus* düzeyinin 10^6 kob/g ve üzeri olması sonucu oluşan SE oluşumuna bağlanabilir. Nitekim bazı araştırmacılar (Holeckova ve ark. 2002, Le Loir 2003) ürünün matriksine de bağlı olarak gıdalara yetersiz ısıl işlem uygulandığında (60°C 'de, 30 dk) *S. aureus*'un yıkımlanmadığını ve ürettiği toksinlerin ısıya dirençli olmasından ötürü intoksikasyonlara neden olabileceğini bildirmektedirler.

Bryan (1976), 1938-1972 yılları arasında kremalı pasta tüketimi kaynaklı *S. aureus* intoksikasyonların ilk sıralarda olduğunu bildirmiştir. Aynı araştırmacı, 1920-1972 yılları arasında kremalı pasta kaynaklı 367 zehirlenme olgusunun kök nedenlerini değerlendirdiklerinde, olguların ilk sırasında %70.8 ile yetersiz soğutma, %24.8'inde infekte çalışan, %22.3'ünde taze olmayan ürün, %7.4'ünde sanitasyon programının yetersizliği, %5.2'sinde gıda ile temasta olan çalışanın hijyen eksikliği, %4.6'sında yeterince temizlenmeyen alet ve ekipman, %4.1'inde kontamine ham materyal (yumurta ve süt), %3.3'ünde pişirme ve ısıtma hataları, %1.4'ünde rodent kontaminasyonu, %1.1'inde sanitasyon kurallarına uyulmaksızın hatalı kurulum ve %0.5'inde ise ürünün sıcakta muhafazasına bağlanabileceği bildirilmektedir.

İşletmelerde üretimde çalışanların personel hijyeni konusunda bilinçlendirilmesi ve hizmet içi eğitimin sürekliliği olası intoksikasyon risklerini azaltmada önemli rol oynamaktadır. Gıda işletmelerinde çalışan personel gıda üretim zincirinin önemli bir kontaminasyon kaynağıdır (Çakıcı ve ark. 2015). Nitekim, yapılan araştırmalar *S. aureus*'un sağlıklı olan ya da olmayan, üretim sürecinde çalışan ya da çalışmayan bireylerden saptanabileceğini göstermektedir. Pereira ve ark. (1994), Brezilya'da kremalı pasta tüketimi sonucu 4 saat sonra kusma ve diyare semptomları ile getirilen 20 kişinin hastanede değerlendirildiğini, pastadan 10^8 kob/g düzeyinde *S. aureus* izole edildiği ve SEA saptandığını bildirmektedirler. Araştırmacılar, özellikle üretimde çalışan personelin çoğu stafilkokal intoksikasyonda

önemli bir kaynak olarak ürünü kontamine ettiğini, kontaminasyonu minimize etmek için maske, eldiven kullanılarak ürüne direkt temasın azaltılması ile uygun hijyenik koşullarda üretimin olası riskleri azaltmada önemli olduğunu bildirmektedirler.

Çatar ve Yıldırım (2020), 23 kantinde gıda ile teması olan çalışanların parmaklarının hijyenik açıdan değerlendirilmesi ile ilgili yapılan bir araştırmada, *S. aureus*'un %82.6 oranında saptandığını bildirmektedirler. Diab ve ark. (2021), işletmelerde çalışan personelden alınan swap örneklerinden sırasıyla el swaplarının %44.2'si, nasal swaplarından %32.6 toplamda ise %38.37 oranında *S. aureus* izole ettiklerini bildirmektedir. Aynı araştırmacılar sırasıyla *sea*, *seb*, *sec*, *sed*, *see*, *sea-seb* ve *seb-sed* sayısını 8, 3,3,1,1,3 ve 2 olarak saptadıklarını, el ve nazal svaptan en fazla *sea* izole edildiğini bildirmektedir. Okoro ve ark. (2022), gıda üretim zincirinde gıda ile temas eden kişilerde yapılan araştırmalarda 360 kişiden %28.1 oranında *S. aureus* izole edildiğini, izolatların ise %37.6 oranında toksin ürettiğini saptadıklarını bildirmektedir.

Kolat (2008), 42 pastane bu işletmelerde çalışan 416 çalışan üzerinde HACCP sisteminin uygulanabilirlik düzeylerini değerlendirdiği (anket ve gözlem esaslı) araştırmada, işletmelerde çalışanların %83.8'inin sağlık kontrollerinden geçerek işe başlatıldığını, %82.4'ünün çalışma hayatı boyunca düzenli olarak sağlık kontrollerinden geçtiğini, %21.8'inin üretim sürecinde önlük, bone, eldiven ve maske kullandıklarını, üretimde görev alanların %90.8'inin materyallerle temas sonucu ve tuvaletten çıktıktan sonra ellerini yıkadıklarını bildirmiştir. Yine aynı araştırmada, personelin %72.6'sının hizmet içi eğitim aldığı, üretim sürecinde %69.9'unun kremayı üretim sürecinde taze hazırladıkları, %56.9'unun kremalı pastaların soğukta muhafazasına önem verdiğini, %40.4'ünün üretimde yumurtaları temizlemeden kullandığını saptamıştır.

Novoa ve ark. (2018), gıda ile temas eden yüzeylerden 293 örnek toplandığını, örneklerden elde edilen izolatların %35.7'sinin *S. aureus* olarak tanımlandığını, 84 izolatın %64.3'nün stafilokokal enterotoksin sentezleyen gen bakımından pozitif olduğunu, *sed* %4.7, *sea+sej* %1.1, *sed+seg* %2.3, *sec+sej* %1.1, *sed+seg+sej* %2.3, *sed+seg+sei* %1.1, *seb+sed+sei* %1.1, *sec+sed+seb+sej* %1.1 ve *sec+sed+seg+sej* %1.1 olarak saptandığını bildirmektedir.

Pamuk ve ark. (2018), Afyon Kocatepe Üniversite kampüs kantinlerinde gıda işletmelerinde kullanılan 40 adet bıçak ve ürünün işlendiği 27 yüzeyde yaptıkları araştırmada, *S. aureus* düzeyini ($\geq 10^2$ kob/g) sırasıyla %17.5 ve %14.8 oranında saptadıklarını bildirmektedir. Araştırmacılar aynı araştırmada

45 çalışan personelin el hijyen profilinde ise %57.7 oranında *S. aureus* saptadıklarını bildirmektedir.

Sonuç olarak; *S. aureus* insan sağlığı açısından risk yaratabilen bir mikroorganizma olduğundan stafilokokal intoksikasyonlardan korunmada ham maddenin başlangıç mikrobiyel yükünün düşük olmasının ve uygun teknikte üretim yapılmasının önemli olduğu, ürünün muhafazası, nakil, servis aşaması ve sanitasyon programlarının etkinliğinin kontrol edilmesinin yanı sıra, HACCP'in ön gördüğü protokoller kapsamında uygulanmasının gerektiği kanaatine varılmıştır.

5. Kaynaklar

- Adams, M.R., & Moss, M.O. (2008). Food Microbiology. 3rd Edition, University of Surrey, Guildford, S. 252-256.
- Adwan, G. M., Abu-Shanab, B., & Adwan, K. (2005). Enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in raw milk in the North of Palestine. *Turkish Journal of Biology*, 29(4), 229-232.
- Anunciação, L. L. C., Linardi, W. R., do Carmo, L. S., & Bergdoll, M. S. (1995). Production of staphylococcal enterotoxin A in cream-filled cake. *International Journal of Food Microbiology*, 26(2), 259-263.
- Archer, G. L. (1998). *Staphylococcus aureus*: A well-armed pathogen. *Reviews of Infectious Diseases*, 26(5), 1179-1181.
- Argudín, M. A., Mendoza, M. C., González-Hevia, M. A., Bances, M., Guerra, B., & Rodicio, M. R. (2012). Genotypes, exotoxin gene content, and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* strains recovered from foods and food handlers. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(8), 2930-2935.
- Aslan, Ö. (2012). *Bazı gıdalardan izole edilen Staphylococcus aureus'ların enterotoksijenik özellikleri ve farklı antibiyotiklere duyarlılıklarının saptanması* (Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye).
- Aydin, A., Sudagidan, M., & Muratoglu, K. (2011). Prevalence of staphylococcal enterotoxins, toxin genes and genetic-relatedness of foodborne *Staphylococcus aureus* strains isolated in the Marmara Region of Turkey. *International Journal of Food Microbiology*, 148(2), 99-106.
- Baumgartner, A., Niederhauser, I., & Johler, S. (2014). Virulence and resistance gene profiles of *Staphylococcus aureus* strains isolated from ready-to-eat foods. *Journal of Food Protection*, 77(7), 1232-1236.
- Brakstad, O. G. (1992). Detection of *Staphylococcus aureus* by polymerase chain reaction amplification of the nucA gene. *Journal of Clinical Microbiology*, 30, 1650-1654.
- Bryan, F. L. (1976). Public health aspects of cream-filled pastries. A review. *Journal of Food Protection*, 39(4), 289-296.
- Can, H. Y., Elmalı, M., & Ergün, Y. (2017a). Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in milk from dairy cows with chronic mastitis. *Eurasian Journal of Veterinary Science*, 33(4), 255-259.
- Can, H. Y., Elmalı, M., & Karagöz, A. (2017b). Molecular typing and antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus aureus* strains isolated from raw milk, cheese, minced meat, and chicken meat samples. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(2), 175.

- Carav N.E.(2019). *Yaş pasta ve sütlü tatlılarda stafilokokal enterotoksinlerin varlığı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Türkiye.
- Centers For Disease Control and Prevention (CDC). 2002. *Staphylococcus aureus* Resistant to Vancomycin. Erişim: <https://www.cdc.gov/mmwr/Preview/Mmwrhtml/Mm5126a1.Htm>. Erişim Tarihi: 20.12.2022.
- Cho, Y. S., Lee, M. K., & Hwang, S. H. (2019). Toxin gene profiles, genetic diversity, antimicrobial resistance, and coagulase type of *Staphylococcus aureus* from cream-filled bakery products. *Food Science & Nutrition*, 7(5), 1727-1734.
- Çakıcı, N., Demirel-Zorba, N. N., & Akçalı, A. (2015). Gıda endüstrisi çalışanları ve stafilokokal gıda zehirlenmeleri. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 72(4), 337-350.
- Çatar, O., & Yildirim, Y. (2020). Hand hygiene profile of food handlers in canteens of erciyes university campus. *Kocatepe Veterinary Journal*, 13(1):52-59.
- Diab, M. S., Ibrahim, N. A., Elnaker, Y. F., Zidan, S. A., & Saad, M. A. (2021). Molecular detection of *Staphylococcus aureus* enterotoxin genes isolated from mastitic milk and humans in El-Behira, Egypt. *International Journal of One Health*, 7(1), 70-77.
- Erol, İ. (2007). Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi. 1. baskı. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Ankara*,
- Ertaş, N., & Gönülalan, Z. (2010). Kayseri ilinde satılan çiğ sütlerde *Staphylococcus aureus* ve enterotoksinlerinin varlığı üzerine araştırmalar. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 24(1), 11-15.
- Evenson, M. L., Hinds, M. W., Bernstein, R. S., & Bergdoll, M. S. (1988). Estimation of human dose of staphylococcal enterotoxin A from a large outbreak of staphylococcal food poisoning involving chocolate milk. *International Journal of Food Microbiology*, 7(4), 311-316.
- Giannatale, E., Prencipe, V., Tonelli, A., Marfoglia, C., & Miglioni, G. (2011). Characterisation of *Staphylococcus aureus* strains isolated from food for human consumption. *Veterinaria Italiana*, 47(2), 165-173.
- Güçükoğlu, A., Onur Kevenk, T., Uyanık, T., Çadirci, Ö., Terzi, G., & Alişarlı, M. (2012). Detection of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in raw milk and dairy products by multiplex PCR. *Journal of Food Science*, 77(11), 620-623.
- Güçükoğlu, A., Cadirci, O., Gülel, G. T., Uyanık, T., & Abdullahi, A. (2020). Enterotoxin gene content and antibiotic resistance profiles of *Staphylococcus aureus* isolated from traditional Turkish dairy-based desserts. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29, 2073-2080.
- Hampikyan, H., Ulusoy, B., Bingöl, E. B., Çolak, H., & Akhan, M. (2008). İstanbul'da tüketime sunulan bazı ızgara tipi gıdalar ile salata ve mezele-

- rin mikrobiyolojik kalitelerinin belirlenmesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 38(2), 87-94.
- Hassani, S., Hosseini, D. R., & Mohebbati, M. A. (2014). Enterotoxin A gene barrier *Staphylococcus aureus* within traditionally dairy products of Tehran. *International Journal of Enteric Pathogen*, 2(4): e20906.
- Hennekinne, J. A., De Buyser, M. L., & Dragacci, S. (2012). *Staphylococcus aureus* and its food poisoning toxins: characterization and outbreak investigation. *FEMS Microbiology Reviews*, 36(4), 815-836.
- Holecková, B., Holoda, E., Fotta, M., Kalináčova, V., Gondol, J., & Grolmus, J. (2002). Occurrence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in food. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 9(2), 179-182.
- Hu, S. K., Liu, S. Y., Hu, W. F., Zheng, T. L., & Xu, J. G. (2013). Molecular biological characteristics of *Staphylococcus aureus* isolated from food. *European Food Research and Technology*, 236(2), 285-291.
- Humber, J. Y., Denny, C. B., & Bohrer, C. W. (1975). Influence of pH on the heat inactivation of staphylococcal enterotoxin A as determined by monkey feeding and serological assay. *Applied Microbiology*, 30(5), 755-758.
- Huong, B. T. M., Mahmud, Z. H., Neogi, S. B., Kassu, A., Van Nhien, N., Mohammad, A., ... & Khan, N. C. (2010). Toxigenicity and genetic diversity of *Staphylococcus aureus* isolated from Vietnamese ready-to-eat foods. *Food Control*, 21(2), 166-171.
- Jafaeri, A. S. M., Madi, N. S., & Nahaisi, M. H. (2013). Incidence of pathogenic bacteria in cakes and tarts displayed for sale in Tripoli, Libya. *International Journal of Nutrition Food Engineering*, 7(3), 210-214.
- Keyvan, E., & Özdemir, H. (2016). Sığır karkaslarında *Staphylococcus aureus*' un varlığı, enterotoksijenik özellikleri ve antimikrobiyal dirençliliği. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 63(1), 17-23.
- Kholy, E.A., Elshater, M., Abd El Gawad, M., & Zeinhom, M. (2022). Prevalence of enterotoxigenic *S. aureus* in table eggs in El-Fayoum City, Egypt. *Journal of Veterinary Medical Research*, 29(1), 1-5.
- Kısa, Ç., & Tuncer, Y. (2021). Kanatlı etlerinde *Staphylococcus aureus* yaygınlığı ve antibiyotik direnç profillerinin, antibiyotik direnç ve enterotoksin genlerinin belirlenmesi. *Gıda*, 46(3), 692-706.
- Kolat, B. (2008). *Ankara'da bulunan pastane imalathanelerinde HACCP'in uygulanabilirlik düzeyi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.
- Le Loir, Y, Baron F, & Gautier M. (2003). *Staphylococcus aureus* and Food Poisoning. *Genetics and Molecular Research*, 2(1): 63-76.
- Lopes, H. R., Noleto, A. L. S., De Las Heras, M. D., & Bergdoll, M. S. (1993). Selective enterotoxin production in foods by *Staphylococcus aureus* strains

- that produce more than one enterotoxin. *Journal of Food Protection*, 56(6), 538-540.
- Mashouf, R. Y., Hosseini, S. M., Mousavi, S. M., & Arabestani, M. R. (2015). Prevalence of enterotoxin genes and antibacterial susceptibility pattern of *Staphylococcus aureus* strains isolated from animal originated foods in West of Iran. *Oman Medical Journal*, 30(4), 283-290.
- Mehrotra, M., Wang, G., & Johnson, W. M. (2000). Multiplex PCR for detection of genes for *Staphylococcus aureus* enterotoxins, exfoliative toxins, toxic shock syndrome toxin 1, and methicillin resistance. *Journal of Clinical Microbiology*, 38(3), 1032-1035.
- Novoa, A. M. G., Iñiguez-Moreno, M., González-Gómez, J. P., Zacarías-Castillo, E., Guerrero-Medina, P. J., Padilla-Frausto, J. J., ... & Gutiérrez-Lomelí, M. (2018). Detection of enterotoxin genes of *Staphylococcus aureus* isolates from food contact surfaces in the dairy industry of Jalisco, Mexico. *Biotechnia*, 20(2), 72-78.
- Oh, S. K., Lee, N., Cho, Y. S., Shin, D. B., Choi, S. Y., & Koo, M. (2007). Occurrence of toxigenic *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat food in Korea. *Journal of Food Protection*, 70(5), 1153-1158.
- Okoro, A. A., Amala, S. E., & Nwokah, E. G. (2022). Enterotoxin production and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* among food handlers in a sub-urban setting in Rivers State, Nigeria. *European Journal of Pharmaceutical Medical Research*, 9(3), 54-59.
- Pamuk, Ş., Erdoğan, M., Yıldırım, Y., Hızlısoy, H., Al, S., & Sepin, Ö. (2018). Üniversite kampüs kantinlerindeki gıdaların mikrobiyolojik kalitesinin ve gıda çalışanlarının el hijyen durumlarının değerlendirilmesi. *Kocatepe Veterinary Journal*, 11(4), 363-373.
- Park J.Y., & Seo K.S. (2019). *Staphylococcus aureus*, Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers, 5th Edition, Editor(s):Michael P. Doyle, Francisco Diez-Gonzalez, Colin Hill.
- Pereira, M. L., Carmo, L. S. D., Santos, E. J. D., & Bergdoll, M. S. (1994). Staphylococcal food poisoning from cream-filled cake in a metropolitan area of South-Eastern Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 28, 406-409.
- Pondit, A. P., Haque, Z. F., Sabuj, A. A., Khan, M. S. R., & Sukumar Saha, S. S. (2018). Characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from chicken and quail eggshell. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 5(4):466-471.
- Qin, L., Da, F., Fisher, E. L., Tan, D. C., Nguyen, T. H., Fu, C. L., ... & Otto, M. (2017). Toxin mediates sepsis caused by methicillin-resistant *Staphylococcus epidermidis*. *PLoS Pathogens*, 13(2), e1006153.

- Rahimi, E. (2013). Enterotoxigenicity of *Staphylococcus aureus* isolated from traditional and commercial dairy products marketed in Iran. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44(2) 393-399.
- Rahman, M. A., Rahman, A. A., Islam, M. A., & Alam, M. M. (2018). Multi-drug resistant *Staphylococcus aureus* isolated from milk, chicken meat, beef and egg in Bangladesh. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 5(2), 175-183.
- Sağlam, D., & Şeker, E. (2016). Food-borne bacterial pathogens. *Kocatepe Veterinary Journal*, 9(2), 105-113.
- Schantz, E.J, Rössler, W.G., Wagman, J., Spero, L., Dunnery DA & Bergdoll, M.S.(1965). Purification of staphylococcal enterotoxin B. *Biochemistry*, 4(6):1011-1016.
- Schelin, J., Wallin-Carlquist, N., Thorup Cohn, M., Lindqvist, R., & Barker, G. C. (2011). The formation of *Staphylococcus aureus* enterotoxin in food environments and advances in risk assessment. *Virulence*, 2(6), 580-592.
- Schmitt, M., Schuler-Schmid, U., & Schmidt-Lorenz, W. (1990). Temperature limits of growth, TNase and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus* strains isolated from foods. *International Journal of Food Microbiology*, 11(1), 1-19.
- Song, Q., Zhu, Z., Chang, Y., Shen, X., Gao, H., & Yang, Y. (2016). Prevalence and characteristics of enterotoxin b-producing *Staphylococcus aureus* isolated from food sources: a particular cluster of st188 strains was identified. *Journal of Food Science*, 81(3), 715-718.
- Sundararaj, N., Kalagatur, N. K., Mudili, V., Krishna, K., & Antonysamy, M. (2019). Isolation and identification of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* isolates from Indian food samples: evaluation of in-house developed aptamer linked sandwich ELISA (ALISA) method. *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 1016-1026.
- Syed, M. A., Shah, S. H. H., Sherafzal, Y., Shafi-ur-Rehman, S., Khan, M. A., Barrett, J. B., ... & Jackson, C. R. (2018). Detection and molecular characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from table eggs in Haripur, Pakistan. *Foodborne Pathogens and Disease*, 15(2), 86-93.
- Tallent S., Hait J., Bennett R.W., & Lancette GA. Rev. (2016), page date: (2019). Bam Chapter12:*Staphylococcus aureus*.. Erişim: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-12-staphylococcus-aureus>. Erişim tarihi: 12.11.2021.
- Tang, J., Zhang, R., Chen, J., Zhao, Y., Tang, C., Yue, H., ... & Shi, H. (2015). Incidence and characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from food markets. *Annals of Microbiology*, 65(1), 279-286.
- Tarisse, F.C., Goulard-Huet, C., Nia, Y., Devilliers, K., Marcé, D., Dambrune, C., ... & Simon, S. (2021). Highly sensitive and specific detection of

staphylococcal enterotoxins SEA, SEG, SEH, and SEI by immunoassay. *Toxins*, 13(2), 130.

Tatini, S. R. (1973). Influence of food environments on growth of *Staphylococcus aureus* and production of various enterotoxins. *Journal of Food Protection*, 36(11), 559-563.

Tatini, S. R., & Bennett, R. (1999). *Staphylococcus* | Detection by Cultural and Modern Techniques. Encyclopedia of Food Microbiology. London: Academic Press, s: 2071–2076

Titouche, Y., Houali, K., Ruiz-Ripa, L., Vingadassalon, N., Nia, Y., Fatihi, A., ... & Hennekinne, J. A. (2020). Enterotoxin genes and antimicrobial resistance in *Staphylococcus aureus* isolated from food products in Algeria. *Journal of Applied Microbiology*, 129(4), 1043-1052.

Biyomalzemelerle Sinyal Yolu Modülasyonu: Hücresel Mekanizmalardan Terapötik Uygulamalara

Bürke Çırçırılı¹

Mert Can Emre²

Özet

Hücresel sinyal yolları, çok hücreli organizmalarda homeostaz, büyüme ve farklılaşma gibi temel biyolojik süreçlerin biyokimyasal temelini oluşturur. Bu yolların düzensizliği ise kanser ve inflamatuvar hastalıklar dahil pek çok patolojinin gelişiminde anahtar rol oynar. Bu bölüm, biyomalzemelerin sinyal yollarını hedeflemedeki dönüştürücü potansiyelini ele almaktadır. Nanopartiküller, eksozom ve uyarıma duyarlı sistemler, terapötik ajanları koruyarak ve hastalıklı dokuya özgül bir şekilde yönlendirerek hem sistemik toksisiteyi azaltmakta hem de ilaç etkinliğini artırmaktadır. Biyomalzeme tasarımında, mekanotransdüksiyon, biyouyumluluk ve yüzey modifikasyonu gibi faktörler, hücre kader kararlarını yönlendiren kritik unsurlardır.

Gelecek perspektifleri, Lab-on-Chip (LoC) sistemleri, sensör entegreli implantlar ve kişiselleştirilmiş 3D/4D biyo-baskı teknolojileri gibi akıllı platformlara odaklanmaktadır. Bu yenilikçi sistemler, yerel biyobelirteç konsantrasyonlarına yanıt veren geri bildirim kontrollü ilaç salımını mümkün kılar. Sinyal rehberliğinde biyomateryal mühendisliği, biyokimyasal bozukluklara karşı bireyselleştirilmiş, hassas ve etkin tedavi stratejilerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

1 Uzman, Akdeniz Üniversitesi, burkecirirli@outlook.com, 0000-0002-2479-5122

2 Öğretim Görevlisi, Yozgat Bozok Üniversitesi, m.can.emre@bozok.edu.tr, 0000-0002-1445-0358

1. Sinyal Yollarının Önemi ve Biyomalzemelerle Hedefleme

1.1. Hücresel Sinyal Yollarının Biyokimyasal Temelleri ve Hastalık Modellerindeki Rolü

Hücresel sinyal yolları, çok hücreli organizmalarda hücrelerin çevresel uyarıları algılayıp biyokimyasal yanıtlar oluşturmalarını sağlayan karmaşık iletişim ağlarıdır. Bu nedenle hücre biyolojisinin temel düzenleyici mekanizmaları arasında kritik bir rol oynar. Bu yolların biyokimyasal temeli, reseptör-ligand etkileşimlerinden başlayarak sitoplazmik kinaz kaskadları, ikincil haberci sistemler ve çekirdek içi transkripsiyonel düzenlemelere kadar uzanan çok katmanlı bir süreçten oluşur. Sinyal iletiminin başlatıcıları genellikle büyüme faktörleri, sitokinler, hormonlar veya lipid türevi moleküllerin membran reseptörlerine bağlanmasıdır. Özellikle reseptör tirozin kinazlar (RTK'lar), ligand bağlanması sonrası dimerizasyon ve otofosforilasyon yoluyla hücre proliferasyonu, farklılaşma ve metabolik yanıtları kontrol eden aşağı akış sinyallerini başlatır. Lemmon ve Schlessinger (2010), RTK aracılı sinyal iletiminde fosfotirozin bölgelerine bağlanan adaptör proteinler ve ardışık kinaz aktivasyonlarının, sinyalin özgüllüğü ve şiddeti açısından kritik biyokimyasal adımlar oluşturduğunu göstermiştir [1].

RTK aktivasyonunun önemli bir sonucu olan MAPK/ERK yolu, Ras, Raf, MEK ve ERK gibi ardışık kinazların fosforilasyonu ile ilerleyen bir kaskad mekanizmasına dayanır. Bu yapı, hücre dışı sinyallerin çekirdeğe hassas biçimde iletilmesini sağlayarak, transkripsiyonel yanıtların hücresel koşullara uygun şekilde düzenlenmesine olanak tanır. Purvis ve Lahav (2013), MAPK/ERK sinyalleşmesinin dinamik yapısının hücresel kader kararlarında belirleyici olduğunu ve sinyalin süre ile frekansındaki değişikliklerin hücre döngüsü ilerleyişi veya farklılaşma gibi süreçleri yönlendirdiğini ileri sürmektedir [2]. Paralel olarak işlev gören PI3K/Akt yolları, hücre yaşamını sürdürme, glikoz metabolizması ve apoptozun baskılanması gibi süreçlerde merkezi öneme sahiptir. PI3K'nin membran fosfoinozitidlerini fosforile ederek PIP3 üretmesi, Akt'ın membran trans-lokasyonu ve PDK1 aracılığıyla fosforilasyonu, mTOR, GSK3 β ve FOXO gibi hedef proteinlerin düzenlenmesini sağlar.

G-protein bağlı reseptörler (GPCR'ler) de hücresel sinyal iletiminde önemli bir rol oynar. Ligand bağlanması sonrası G-proteinlerinin GDP-GTP değişimi ile aktive olması, adenilat siklaz, fosfolipaz C ve iyon kanalları aracılığıyla ikinci haberci moleküllerin (cAMP, IP₃, DAG ve Ca²⁺) üretimini tetikler. Pierce ve arkadaşları (2002), bu ikinci haberci sistemlerinin sinyalin hızlı iletilmesinde ve amplifikasyonunda merkezi bir rol oynadığını, bu

nedenle GPCR aracılı sinyalleme endokrin, nörolojik ve immün yanıtların düzenlenmesinde belirleyici olduğunu ifade etmektedir [3].

Sinyal yollarının biyokimyasal temellerinde negatif geri bildirim ve düzenleyici mekanizmalar da hayati öneme sahiptir. Fosfatazlar, inhibitör proteinler ve reseptör internalizasyonu gibi mekanizmalar, sinyalin aşırı veya kontrolsüz aktivasyonunu önleyerek hücrel dengeyi sağlar. Bu geri bildirim mekanizmalarının kaybının, kanser başta olmak üzere birçok hastalıkta patolojik sinyal aktivasyonuna yol açtığını gösterilmiştir. Reseptör aşırı ekspresyonu, mutasyonlar veya fosfataz inaktivasyonu, hücre proliferasyonu ve inflamatuvar yanıtların sürekli aktif kalmasına neden olarak tümörleşme süreçlerini hızlandırabilir [4].

Hücrel sinyal yollarının düzenli çalışması doku bütünlüğü ve metabolik dengenin korunması için hayati önemdedir. Kanser modellerinde Ras–Raf–MEK–ERK kaskadı en sık bozulan yollardan biridir. Bu durum proliferatif sinyalin sürekli açık kalmasına ve tümör hücrelerinin büyüme avantajı kazanmasına neden olur [5]. Benzer şekilde PIK3CA mutasyonları veya PTEN kaybı PI3K/Akt yolunu aşırı aktive ederek hücre yaşam sinyallerini güçlendirir ve solid tümörlerde patogeneze belirleyici rol oynar [6]. Bu nedenle MAPK ve PI3K yolları, hedefe yönelik tedavilerin geliştirilmesinde yoğun biçimde çalışılan moleküler eksenler arasında yer alır. İnflamatuvar hastalıklarda NF- κ B ve JAK/STAT yollarının düzensiz aktivasyonu belirgindir. NF- κ B normalde I κ B tarafından inaktif tutulurken, kronik inflamasyonda I κ B'nin sürekli yıkımı, pro-inflamatuvar sitokinlerin (TNF- α , IL-1 β) aşırı üretimine yol açar ve romatoid artrit (RA) ile inflamatuvar bağırsak hastalığı (IBD) gibi klinik tablolar ortaya çıkar [7]. Kronik inflamasyon ile kanser arasındaki ilişkide sinyal yollarının etkileşimi ön plana çıkar. NF- κ B ve STAT3'ün tümör mikroçevresinde eş zamanlı aktivasyonu, immün yanıtı yeniden şekillendirirken anti-apoptotik genlerin ekspresyonunu artırarak tümör gelişimini destekler [8]. Bu bulgular, hastalık modellerinin yalnızca tek bir yoldaki bozulmadan değil, birbiriyle etkileşimli çoklu sinyal ağlarının dinamik yapısından kaynaklandığını göstermektedir.

Dolayısıyla sinyal yollarındaki patolojik değişikliklerin mekanistik olarak anlaşılması hem hastalık modellerinin doğru yorumlanması hem de yeni nesil tedavilerin geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle sinyal yollarının hastalıklarla ilişkisini inceleyen araştırmalar, güncel biyomedikal çalışmaların en hızlı ilerleyen alanlarından biri olmaya devam etmektedir.

1.2. Biyomalzemelerin Hastalık Modellerinde Terapötik Uygulamalar

Biyomalzemeler, canlı sistemlerle uyumlu özellikleri ve işlevsellikleri sayesinde, son yıllarda hem temel araştırmalarda hem de terapötik uygulamalarda giderek artan bir öneme sahiptir. Kanser, inflamatuvar ve metabolik hastalık modellerinde biyomalzemeler, hedefe yönelik ilaç taşıma sistemleri, hücre destek platformları ve kontrollü moleküler salım uygulamaları aracılığıyla klinik ve preklinik çalışmaların odak noktası hâline gelmiştir. Bu malzemeler, biyolojik olarak aktif molekülleri koruyarak ve istenilen dokuya yönlendirerek, ilaçların etkinliğini artırmakta ve yan etkilerini azaltmaktadır.

Kanser tedavisinde biyomalzemeler, özellikle nanopartiküller, lipit taşıyıcılar ve polimer bazlı sistemler aracılığıyla hedefe yönelik ilaç salımı için yoğun olarak kullanılmaktadır. Örneğin, PEG ile lipit nanopartiküller veya polimerik mikrokapsüller, kemoterapötik ajanları tümör mikroçevresine yönlendirerek sistemik toksisiteyi azaltır ve ilaç etkinliğini artırır [9]. Kontrollü salım sistemleri sayesinde, tümör mikroçevresindeki inflamatuvar sitokinleri veya immün yanıtı düzenleyen moleküller lokal olarak uygulanabilir. Böylece hem tümör büyümesi engellenir hem de çevresel doku hasarı minimize edilir. Ayrıca biyomalzemeler, doku mühendisliği ve rejeneratif tıp yaklaşımlarıyla birlikte kullanıldığında, hasar görmüş dokuların onarımını destekleyebilir ve kronik inflamasyonun yol açtığı yapısal bozulmayı azaltabilir. Metabolik hastalıkların tedavisinde biyomalzemeler, özellikle insülin ve diğer metabolik düzenleyici ajanların kontrollü salımında kullanılmaktadır.

Sonuç olarak, biyomalzemeler, kanser, inflamatuvar ve metabolik hastalık modellerinde hem ilaç taşınması hem de sinyal yollarının düzenlenmesi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu malzemelerin biyoyuumluluğu, hedeflenebilirliği ve kontrollü salım özellikleri, modern terapötik stratejilerin etkinliğini artırmakta ve klinik uygulamalarda yeni tedavi paradigmalarının önünü açmaktadır.

1.3. Malzeme Seçimi, Biyoyuumluluk ve Tasarım Kriterleri

Biyomalzemelerin tasarım sürecinde, malzeme seçimleri mekanik dayanım seviyesini en üst düzeye çıkarmalı ve implante edilecekleri konak dokuya yararlı biyoreaktivite desteği sağlamalıdır. Bu hedefin gerçekleştirilmesi için, ISO 10993 biyogüvenlik standardına [10] (örneğin, sitotoksite, immünojenisite, hemokompatibilite) titizlikle uyulmalı ve biyomalzeme ile verimli hücresel ve moleküler etkileşimleri destekleyen bir ortam yaratılmalıdır [10-14].

1.4. Malzeme Seçiminin Anahtar Belirleyicileri

Bir materyalin *in vivo* performansını belirleyen anahtar faktörler; biyogüvenlik, mekanik uyumluluk, kimyasal stabilite ve arıza oranıdır. Alt tabakanın sertliği, hücrelerin mekanotransdüksiyon yolları aracılığıyla nasıl tutunduğunu, çoğaldığını ve farklılaştığını doğrudan etkilemektedir [15-17]. PLA gibi biyobozunur polimerlerin bozunma hızları, dokunun iyileşme hızına benzer bir hızda olacak şekilde ayarlanmalıdır [18, 19]. İntegrin aracılı yapışma ve sinyalizasyon, biyomalzeme yüzeyinin kimyasal bileşimi ve topografyası tarafından önemli ölçüde etkilenir. Bu nedenle, yüzey modifikasyonu, biyomalzemelerin biyolojik performansını optimize etmede birincil odak noktasıdır [20].

1.5 Biyouyumluluk Çerçevesi

Mevcut biyouyumluluk anlayışı, basitçe negatif bir konak tepkisi (toksite) yerine pozitif bir konak tepkisi oluşturmayı hedeflemektedir. Bu durumun test edilmesi, sitotoksikite, inflamasyon, immün modülasyon, hemokompatibilite ve *in vivo* implantasyon (ISO 10993) [10] gibi unsurları kapsamaktadır. Biyouyumlu bir biyomalzemenin bir diğer kritik özelliği, makrofajlarda M1/M2 dengesini teşvik etmesidir [12, 21]. Doku onarımı açısından başarılı bir biyomalzeme olabilmesi için, onarım sürecinde anjiyogenez, ekstraselüler matris oluşumu ve hücrel desteklemesi gerekir.

1.6. Sinyal Rehberliğinde Biyomateryal Tasarımı

Bir biyomalzemenin sertliği, viskozitesi, ligand-reseptör etkileşimleri ve yüzey yapısı, biyolojik sürecin hücrelerle iletişim kurma şeklini etkiler [23-24]. Biyokimyasal ve biyomekanik ipuçları aracılığıyla, biyomalzemeler FAK/Src sinyalizasyonu, RhoA/ROCK kasılabilirliği ve YAP/TAZ nükleer translokasyonu gibi önemli mekanotransdüksiyon yollarını düzenlerler. Böylece hücrelerin çoğalma, soy bağlılığı, göç ve programlı hücre ölümü gibi hücre kaderi kararlarını yönlendirirler [25-27].

Bir biyomalzemenin yüzeyini RGD gibi peptit dizileri kullanarak veya yüzeyi büyüme faktörleri ile kaplayarak, araştırmacılar hücrelerin davranışlarını belirli şekillerde etkileyebilirler [28, 29].

Akıllı biyomalzemeler, pH değişikliklerine, belirli enzimlere maruz kalmaya veya mekanik kuvvet uygulamaya yanıt verme yeteneğine sahiptir. Bu özellik, araştırmacıların tedavi edici maddeleri hasar görmüş dokuya hassas koşullar altında salmasına olanak tanır [30, 31].

2. Biyomalzemeler ve Taşıyıcı Sistemler

2.1. Eksozomlar ve Mikro/Nano-Hibrit Taşıma Sistemleri

Eksozomlar, boyutları 30 ila 150 nm arasında değişen lipid-dalga zarlarından oluşan veziküllerdir. Proteinleri, lipidleri, mRNA ve miRNA'yı diğer hücrelere taşıyarak hücreler arasında iletişim sağlarlar [32-34]. Biyouyumlulukları, immünolojik yanıt eksiklikleri ve hücreleri doğal olarak hedefleme yetenekleri nedeniyle, eksozomlar terapötik ilaçların/genlerin ve tanısı belirlenmelerin taşınması için mükemmel bir seçenek sunar [35].

Klinik uygulamayı mümkün kılmak için, üreticilerin eksozom bazı ürünler için üretim, saflaştırma ve ölçeklenebilir üretim süreçlerini optimize etmeleri gerekmektedir. Eksozom izolasyonunun en yaygın yöntemi ultrasantrifüjasyon olsa da bu yöntem düşük verimle sonuçlanabilir. Ultrafiltrasyon ve boyut dışlama kromatografisi gibi daha yeni yöntemler, daha yüksek saflık seviyelerine ulaşmak ve ölçeklenebilir eksozom üretimi gereksinimlerini karşılamak için geliştirilmiştir. İmmünoafinite teknolojisine dayanan yöntemler, CD9, CD63 ve CD81'e karşı geliştirilen antikoları kullanarak vücuttan eksozomları elde etmekte ve eksozomların izolasyonu için mükemmel bir özgülük sunmaktadır. Yeni mikroakışkan sistemlerin geliştirilmesi, tüm eksozom izolasyon süreçlerinin verimliliğini artırmış, küçük örnek hacimleri ile otomatik ve yüksek verimli süreçlere olanak tanımış, bu da onları gelecekteki seri üretim için iyi adaylar haline getirmiştir [36-40].

Eksozomların yüzeylerini değiştirmek, terapötik yükleme ve hedeflemeyi iyileştirmek için önemlidir. Pasif yüklemeyi artırmak için mevcut olan çeşitli yöntemler vardır, örneğin sonikasyon ve elektroporasyon – bu yöntemler, terapötik ajanların eksozomlarda kapsüllenmesini önemli ölçüde artırabilir [41]. Ancak, aktif hedeflemeyi artırmak için başka yollar da vardır. Bu yollar arasında peptitlerin/aptamerlerin eksozomların yüzeyine konjuge edilmesi veya verici hücrelerin belirli hedefleme motiflerini ifade eden veziküller üretmek üzere genetik olarak modifiye edilmesi yer alır [38-42].

3. Hücresel Mekanizmalar ve Biyokimyasal Etkiler

3.1. Hücresel Mekanizmalar ve Biyokimyasal Etkiler: Sinyal Yolu Modülasyonu ve Biyomalzeme Temelli Sistemler

Hücresel sinyal yolları, hücrelerin çevresel ve içsel uyarılara yanıtını belirleyen temel mekanizmalardır ve bu yolların doğru işleyişi hücresel homeostaz, proliferasyon, farklılaşma ve apoptoz süreçleri için kritik öneme

sahiptir. Sinyal yollarının regülasyonu, çoğunlukla post-translasyonel modifikasyonlar aracılığıyla gerçekleşir. Fosforilasyon, kinazlar ve fosfatazlar tarafından hedef proteinlerin geçici olarak modifiye edilmesini sağlayarak sinyalin şiddetini ve süresini düzenler. Bu mekanizma, MAPK/ERK veya PI3K/Akt gibi yolların hücrel yanıtın hassasiyetini ve özgüllüğünü belirlemede merkezi bir rol oynar [43].

Ubikitinasyon ise proteazom aracılığıyla protein yıkımını tetikleyerek hücre içi protein seviyelerini ve sinyal süresini kontrol eder. Özellikle sinyal yollarındaki adaptör proteinlerin ve transkripsiyon faktörlerinin ubiquitin aracılığıyla düzenlenmesi, hücrel yanıtın geçici veya kalıcı olmasını belirler. Biyomalzeme temelli sistemler, bu hücrel mekanizmaları hedef alarak terapötik etkilerini artırabilir. Nanopartiküller, stimuli-duyarlı hidrojeller ve polimerik sistemler, hücre içine alındığında sinyal yollarının fosforilasyon durumunu değiştirebilir, transkripsiyon faktörlerinin çekirdek translokasyonunu modüle edebilir ve apoptotik veya proliferatif yanıtları yönlendirebilir. Örneğin, pH-duyarlı hidrojeller tümör mikroçevresinde hedeflenmiş salım yaparak MAPK/ERK yolunu inhibe edebilir veya PI3K/Akt aktivitesini azaltabilir. Lipid veya polimer nanopartiküller ise hücre membranı ile etkileşime girerek endositoz yoluyla aktif bileşenleri hücre içine taşır ve böylece spesifik moleküler hedefleri etkileyebilir [9, 44].

Bu sistemlerin hücre üzerindeki biyokimyasal etkilerini anlamak için çeşitli analiz yöntemleri kullanılır. Western blot, belirli proteinlerin ekspresyon ve fosforilasyon durumlarını nicel ve nitel olarak değerlendirir. Böylece sinyal yollarının aktivasyon düzeyi ölçülebilir. ELISA, sitokin ve çözünabilir protein düzeylerini hassas bir şekilde saptayarak inflamatuvar veya metabolik yanıtların analizini mümkün kılar. qRT-PCR, gen ekspresyon değişikliklerini kantitatif olarak değerlendirerek transkripsiyon faktörlerinin etkilerini incelemeye olanak sağlar. İmmüno Floresan görüntüleme, proteinlerin hücre içindeki lokalizasyonunu görselleştirir ve sinyal yollarının subselüler dağılımını ortaya koyar. Reporter assay'ler ise canlı hücrelerde spesifik yolların aktivitesini ölçerek biyomalzeme-temelli müdahalelerin fonksiyonel etkilerini doğrudan değerlendirmeye imkan verir. Dahası, biyomalzeme-temelli sistemlerin hücre içi etkileri sadece protein ve gen ekspresyonu ile sınırlı kalmaz; aynı zamanda oksidatif stres, mitokondriyal membran potansiyeli, kalsiyum sinyalleme ve hücre döngüsü düzenlemesi gibi temel biyokimyasal süreçleri de etkileyebilir. Nanopartiküller veya stimuli-duyarlı sistemler, bu yolların aktivitesini optimize ederek hücrel homeostazi yeniden sağlayabilir veya patolojik süreçleri hedef alabilir. Bu mekanistik anlayış, biyomalzemelerin tasarımında ve hastalık modellerine uygulanmasında kritik bir rehber görevi görür.

Sonuç olarak, hücresel sinyal yollarının post-translasyonel regülasyonu ve transkripsiyonel kontrolü, biyomalzemelerin terapötik potansiyelinin anlaşılmasında temel bir bağlam sağlar. Nanopartiküller ve stimuli-duyarlı sistemler aracılığıyla bu mekanizmaların hedeflenmesi hem temel araştırmalarda hem de klinik uygulamalarda modern tedavi stratejilerinin geliştirilmesini desteklemektedir.

3.2. Taşıyıcı Dağılımı ve Salım Kinetiği Hücre Tepkisini Etkiler

Taşıyıcıların dağılımı ve salım kinetiği, hücrelerin bunları nasıl aldığı, hücreler içinde nasıl hareket ettiği ve ne kadar iyi biyolojik bir yanıt (proliferasyon, apoptoz ve inflamasyon) ürettikleri üzerinde belirleyici etkiye sahiptir [45, 46]. Yüzey kimyası, boyut ve bozunma hızı ile sonuçlanan hücresel yanıt arasındaki ilişki, taşıyıcılar için optimal tasarım stratejilerine dair önemli bilgiler sağlayabilir. Görüntüleme teknikleri (konfokal mikroskopi, immüno Floresan görüntüleme, in vivo görüntüleme sistemleri) taşıyıcıların doku içindeki difüzyonunu haritalar ve taşıyıcıların salınım zamanlamasının belirli hücresel yanıtla nasıl ilişkili olduğunu gösterir [34-37].

3.3. Malzeme-Hücre Etkileşiminin Hesaplamalı Modelleri

Ajan tabanlı modelleme (ABM), sonlu eleman modelleme (FEM) ve reaksiyon-difüzyon modellemesini birleştiren hibrit yaklaşımlar, mühendislik malzemelerinin mekanik özellikleri ve biyolojik aktivitelerinin çoklu ölçeklerde entegre bir şekilde anlaşılmasını sağlar [38]. Bu yöntemler, yeni biyomalzemelerin veya taşıma mekanizmalarının sanal bir ortamda modellenmesine olanak tanır, böylece araştırmacılar fiziksel prototipler oluşturmadan yeni malzemeleri veya ürünleri hızlı bir şekilde geliştirebilir ve test edebilirler [45-52].

4. Biyomalzemelerin Klinik ve Preklinik Uygulamaları

Biyomalzemeler, kanser, inflamatuvar ve metabolik hastalık modellerinde terapötik potansiyelini hem preklinik hem de klinik düzeyde göstermektedir. Preklinik çalışmalarda, nanopartiküller, stimuli-duyarlı hidrojel ve polimerik sistemler, hayvan modellerinde ilaç taşınması, hedefleme ve sinyal yollarının modülasyonu açısından test edilmektedir. Örneğin, PEG ile lipit nanopartiküller ve polimerik mikrokapsüller, kemoterapötik ajanları tümör bölgesine yönlendirerek sistemik toksisiteyi azaltırken tümör büyümesini inhibe etmiştir [9].

Klinik uygulamalarda, biyomalzemeler hem ilaç taşıyıcı sistemler hem de immünomodülatör platformlar olarak değerlendirilmektedir. Lipid

nanopartiküller, özellikle mRNA tabanlı aşılarda ve kemoterapötik ajanların sistemik uygulanmasında biyouyumluluk ve hedeflenebilirlik sağlamakta; bu sayede terapötik etkinlik artırılmakta ve yan etkiler azaltılmaktadır.

Preklinik ve klinik çalışmaların ortak hedefi, biyomalzemelerin güvenli, spesifik ve etkin bir şekilde hastalıklı dokulara yönlendirilmesini sağlamaktır. Nanopartiküller ve stimuli-duyarlı sistemler aracılığıyla hedefe yönelik salım hem sistemik toksisiteyi minimize eder hem de terapötik etkinliği optimize eder. Ayrıca bu sistemler, hücre içi sinyal yollarını modüle ederek, proliferasyon, apoptoz veya inflamatuvar yanıt gibi biyolojik süreçlerde istenilen değişiklikleri oluşturabilir. Bu mekanistik yaklaşım, klinik sonuçların daha öngörülebilir ve tekrarlanabilir olmasını destekler.

Sonuç olarak, biyomalzemeler, preklinik hayvan modellerinden klinik uygulamalara kadar geniş bir translasyonel potansiyele sahiptir. Hem moleküler hem de hücresel düzeydeki etkilerinin anlaşılması, yeni nesil tedavi stratejilerinin geliştirilmesi ve hastalık modellerinde etkinliklerinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir.

4.1. Lab-on-Chip, İmplant Edilebilir Sistemler ve Hedefe Yönelik Tedavi

Dijital Laboratuvar (Lab-on-Chip - LoC) ve Organ Çipi (Organ-on-Chip - OoC) teknolojisi, hem tanı hem de tedavi için mikroakışkan bir platformda entegre çözümler sunar [53-55]. En son mikroakışkan teknolojisini (Locus Mikroakışkanlar) kullanarak, LoC ve OoC platformları in vivo dokuya özgü mikroortamların son derece hassas bir şekilde taklit edilmesini sağlar ve hedeflenmiş ilaç dağıtımını optimize eder [56-58]. Entegre biyosensörler, pH, oksijen ve metabolit konsantrasyonlarının sürekli izlenmesini ve ilaç salınımının gerçek zamanlı, geri bildirim kontrollü, dinamik düzenlemesini sağlar [59, 60].

Bu platformlar, geri bildirim kontrollü ilaç dağıtımını uzun bir süre boyunca sağlamak için implante edilmiş mikroakışkan cihazlarla birlikte kullanıldığında, bu kombinasyon derin doku bölümlerine hedeflenmiş ilaç tedavilerinin daha etkili ve verimli bir şekilde dağıtılmasına yol açar. Esnek biyouyumlu polimerler ve mikrosensörler kullanılarak oluşturulan implantlar, Implant-LoC cihazlarına dönüştürülmüştür [60, 61]. Bu cihazlar, yerel biyobelirteç konsantrasyonlarına dayalı olarak dozaj seviyelerini değerlendirme ve ayarlama yeteneğine sahiptir [61, 62]. Bu yetenek, sistemik yan etkileri azaltır ve ilacın erişilmesi zor bölgelere daha hassas bir şekilde ulaşımını sağlar [63].

İmplant edilebilir LoC biyosensörlerinin izleme kapasitesini karar verme algoritmalarıyla birleştirmek, Tanı ve Tedavi için sürekli olarak optimize edilen bir Terapötik Ekosistem sonucunu doğuracaktır.

4.2. Kişiselleştirilmiş Terapi ve Sistem Optimizasyonu

Özelleştirilmiş tedavi uygulaması, her hastanın benzersiz anatomik, biyolojik ve genetik profillerini kullanarak 3D/4D biyoyazıcı teknolojisi ile biyomalzemeler, implant geometrileri ve ilaç dağıtım sistemleri geliştirilmesini içerir. Bu yaklaşım, tıbbi görüntülemeye dayalı olarak özel yapım implantların oluşturulmasını kolaylaştırır. Böylece dokunun implantlarla entegrasyonunu iyileştirir ve cerrahi işlem sonrası iyileşmeyi hızlandırır [64-67].

Özelleştirilmiş implantların mekanik ve biyolojik optimizasyonu, sonlu eleman analizleri (FEA) ve difüzyon modelleme teknikleri ile sağlanabilirken, ilaç dağıtımını programlamak için duyarlı biyomaddelerin kullanımı hasta spesifik risk profillerini artıracaktır [68, 69]. Bu faydalara ek olarak, dijital ikiz teknolojilerinin, cerrahi planların ve tedavi parametrelerinin sanal olarak hastalarda uygulanmadan önce simülasyonuna izin vererek tıbbın kişiselleştirilmesini daha da artırması beklenmektedir [70, 71].

5. Güncel Trendler ve Gelecek Perspektifleri

Son yıllarda, biyomateryaller bilimi, pasif tasarımlardan dış faktörlere yanıt veren, sensörlerle çalışan, genetik ve RNA bazlı tedavileri taşıyan ve hastanın verilerine dayalı olarak tedaviyi dinamik olarak iyileştiren akıllı terapötik platformlara hızlı bir gelişim göstermiştir. Bu teknolojilere örnekler arasında; uyarana duyarlı polimerler, organ-on-chip teknolojileri, CRISPR/Cas9 taşıma sistemleri, RNA nanoteknolojisi, eksozom bazlı taşıyıcılar ve kişiselleştirilmiş implantlar bulunmaktadır. Bu da biyomolekülleri modern tıbbın kalbi haline getirmektedir [72-74].

Aşağıdaki bölümler, bu teknolojilerdeki en son gelişmelerin kapsamlı bir özetini ve özellikle hedeflenmiş tedavilerin kişiselleştirilmiş sistemlerin daha fazla kullanımına nasıl yol açacağına dair gelecekteki yönelimlere dair bir bakış sunmaktadır [75, 76].

5.1 Akıllı Biyomalzemeler, Uyarıma Duyarlı Sistemler ve Sensör Entegrasyonu

Uyarana duyarlı biyomalzemeler, pH, sıcaklık, enzim aktivitesi, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, ışık, elektrik alanları veya mekanik kuvvet gibi dış uyarıcılara bağlı olarak hem fiziksel hem de kimyasal özelliklerini

değiştirebilen dinamik olarak tepki veren bir platform sağlar. Özellikle, çoklu tepki veren birbirine nüfuz eden polimer ağları (IPN) hidrojel hem doku mühendisliği hem de ilaç taşıma alanlarında kontrollü işlevsellik sağlama konusunda benzersiz bir yeteneğe sahiptir [77-79].

Sensör entegreli implantlar, akıllı sistemlerin klinik uygulamasını mümkün kılan en önemli ilerlemelerden biridir [80]. Elektrokimyasal veya optik sensörler, yerleştirilen cihazın yerel pH'ını, yük dağılımını, sıcaklığını, oksijen konsantrasyonunu ve/veya iltihap belirteçlerini sürekli olarak ölçer ve bu parametrelerin nasıl değiştiğine ve ilaçların ne zaman salınacağına dair gerçek zamanlı geri bildirim sağlar [81, 82]. Bunun sonucu olarak, tedavi paradigması geleneksel statik ve standartlaştırılmış bir formattan aktif dinamik bir yanıt sistemine evrilmektedir.

5.2. Eksozomlar Aracılığıyla CRISPR ve Diğer RNA Tedavilerini Taşıyan Biyomalzemeler

Biyomateryal taşıyıcılar, CRISPR/Cas sistemlerinin doğrudan hedef hücrelere güvenli bir şekilde iletilmesi için çok önemlidir. Bu süreçte, lipid nanopartikül, polimerik nanotaşıyıcı, metal-organik çerçeve (MOF) ve DNA origami yapıları, teslim edilen CRISPR bileşenlerinin güvenlik profilini (hedef dışı aktiviteyi azaltarak) ve stabilitelerini artırır [83, 84]. İleri nano-formülasyonlar da mRNA ve siRNA bazlı terapötiklerin hücre içi taşınmasında giderek daha fazla kullanılmaktadır [85, 86].

Son zamanlardaki eksozom bazlı taşıyıcılar üzerindeki gelişmeler, insan vücuduna doğal uyum sağlayan ve hücreye özgü hedefleme imkanı sunan bir sonraki nesil biyomalzemelerin geliştirilmesi için büyük bir potansiyel göstermektedir. Son zamanlarda eksozom yüzey mühendisliği, yükleme ve görüntüleme teknolojilerindeki gelişmeler, eksozomları kanser tedavisi, rejeneratif tıp ve gen taşıma için değerli araçlar haline getirmiştir [87, 88].

5.3. Hedefe Yönelik Terapi Lab-on-Chip ve İmplant Teknolojisi Kullanımı

Lab-on-Chip (LoC) Sistemi, hücresel tepkiler, ilaç salınım kinetiği, oksijen ve metabolit gradyanları ve bunların karşılık gelen terapötik etkilerinin son derece hassas mikro ölçekli modellenmesini sunar [89, 90]. Yonga üzerindeki sensörlerle birleştirildiğinde, bu cihazlar uygulanan ilacın etkinliğini ve yerel mikro ortamda meydana gelen değişiklikleri sürekli olarak izleyen gerçek zamanlı analizler haline gelir [90, 91]. Ayrıca, bu teknolojinin implant edilebilir versiyonlarının uygulanması, lokalize ilaç dağıtımı ile ilişkili olarak kronik olarak kontrol edilen geri bildirim döngülerine olanak

tanır. Biyouyumlu mikro vana, mikro pompa ve rezervuar ile donatılmış cihazlar, tümör bölgeleri, nöronlar ve eklemler gibi ulaşılması zor yerlere hedeflenmiş ilaçlar gönderebilir [92, 93]. Bu, tedavinin hassasiyetini artırır ve vücudun sistemlerine azaltılmış toksisite ile hedefleme terapisi yoluyla sistemik toksisiteyi ortadan kaldırır [94].

5.4. Bireyselleştirilmiş Tedavi Rejimleri ve Sistem Kavramları

Bireyselleştirilmiş tedavi rejimleri, bireysel hastalar için özel olarak uyarlanmış implantlar veya iskeleler oluşturarak tanımlanır. Modern çağın eklemeli üretimi (3D/4D Baskı), benzersiz implantlar oluşturmak için fiziksel anatomik modelleri (BT veya MRI'dan elde edilen) kullanır [95]. Bu benzersiz yapılar, mühendislik ürünü dokunun biyomekanik işlevselliğini ve biyouyumluğunu artırır. Gelişmiş CAD/CAM yazılım uygulamaları, örneğin Sonlu Elemanlar Analizi (FEA) [96, 97]; Topoloji Optimizasyonu ve Akış-Difüzyon Simülasyonu, implant yapısının ve özelliklerinin iyileştirilmesine olanak tanır [98-99].

Daha ileri bir seviyede, hasta spesifik izleme bilgilerini dijital ikiz modellerinin oluşturulmasına dahil etmek, implantların gerçek zamanlı olarak değiştirilmesini ve terapötik yaklaşımların sanal modellemesini sağlar [100-102]. Böylece, biyomateryal mühendisliği alanı, ürün tasarımının geleneksel model tabanlı çerçevesinden sürekli iyileştirme ve kendini optimize eden klinik karar destek sistemine doğru kaymaktadır.

6. Sonuç

Hücresel sinyal yolları ve biyomalzemeler arasındaki etkileşim, modern biyomedikal mühendisliğinin ve hedefe yönelik tedavilerin temelini oluşturmaktadır. Sinyal yollarındaki düzensizlikler, proliferatif veya anti-apoptotik yanıtları tetikleyerek hastalık patogenezinde kritik bir rol oynar. Bu nedenle, sinyal yollarının özgün modülasyonu, yeni nesil tedavilerin geliştirilmesinde temel stratejidir.

Biyomalzemeler, bu kritik hedeflere ulaşmada dönüştürücü bir potansiyel sunmaktadır. Nanopartiküller, stimuli-duyarlı sistemler ve eksozom bazı taşıyıcılar, terapötik yükleri koruyarak ve hedeflenen dokuya hassas bir şekilde yönlendirerek hem ilaç etkinliğini artırmakta hem de sistemik toksisiteyi en aza indirmektedir. Biyomalzeme tasarımında biyouyumluluk ve yüzey kimyası gibi kriterler, hücre kader kararlarını (proliferasyon, farklılaşma) yönlendirmede merkezi rol oynamaktadır.

Geleceğe yönelik trendler, akıllı biyomalzemeler, Lab-on-Chip (LoC) sistemleri ve kişiselleştirilmiş 3D/4D biyo-baskı yaklaşımlarıyla bu alanı

daha da ileriye taşımaktadır. Gerçek zamanlı izleme, geri bildirim kontrollü ilaç salımı ve hastaya özgü implant geometrileri, tedavinin etkinliğini ve hassasiyetini maksimize eden yeni bir Tanı-Tedavi Ekosistemi vadetmektedir. Özetle, sinyal rehberliğinde biyomateryal tasarımı, biyokimyasal bozuklukların mekanik olarak onarılmasına olanak tanıyarak, kronik ve karmaşık hastalıkların tedavisinde bireyselleştirilmiş ve kesin bir çözüm sunma yolunda ilerlemektedir.

Kaynaklar

1. Lemmon, M. A., & Schlessinger, J. (2010). Cell signaling by receptor tyrosine kinases. *Cell*, 141(7), 1117–1134.
2. Purvis, J. E., & Lahav, G. (2013). Encoding and decoding cellular information through signaling dynamics. *Cell*, 152(5), 945–956.
3. Pierce, K. L., Premont, R. T., & Lefkowitz, R. J. (2002). Seven-transmembrane receptors. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 3(9), 639–650.
4. Chandalapaty, Sarat. (2012). Negative Feedback and Adaptive Resistance to the Targeted Therapy of Cancer. *Cancer Discovery*. 2. 311-319. 10.1158/2159-8290.CD-12-0018.
5. Davies, H., Bignell, G. R., Cox, C., Stephens, P., Edkins, S., Clegg, S., ... Futreal, P. A. (2002). Mutations of the BRAF gene in human cancer. *Nature*, 417(6892), 949–954. <https://doi.org/10.1038/nature00766>
6. Samuels, Y., Wang, Z., Bardelli, A., Silliman, N., Ptak, J., Szabo, S., ... Velculescu, V. E. (2004). High frequency of mutations of the PIK3CA gene in human cancers. *Science*, 304(5670), 554. <https://doi.org/10.1126/science.1096502>
7. Tak, P. P., & Firestein, G. S. (2001). NF- κ B: A key role in inflammatory diseases. *The Journal of Clinical Investigation*, 107(1), 7–11. <https://doi.org/10.1172/JCI11830>
8. Karin, M., & Greten, F. R. (2005). NF- κ B: Linking inflammation and immunity to cancer. *Nature Reviews Immunology*, 5(10), 749–759. <https://doi.org/10.1038/nri1703>
9. Shi, J., Kantoff, P. W., Wooster, R., & Farokhzad, O. C. (2017). Cancer nanomedicine: progress, challenges and opportunities. *Nature Reviews Cancer*, 17(1), 20–37.
10. Iso, B. S. E. N., & STANDARD, B. (2009). Biological evaluation of medical devices. *Part, 1*, 10993.
11. Rahmati, M., Silva, E. A., Reseland, J. E., Heyward, C. A., & Haugen, H. J. (2020). Biological responses to physicochemical properties of biomaterial surface. *Chemical Society Reviews*, 49(15), 5178-5224.
12. Healy, K. E., Rezaia, A., & Stile, R. A. (1999). Designing biomaterials to direct biological responses. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 875(1), 24-35.
13. Ratner, B. D., Hoffman, A. S., Schoen, F. J., Lemons, J. E., Wagner, W. R., Sakiyama-Elbert, S. E., ... & Yaszemski, M. J. (2020). Introduction—biomaterials science: an evolving, multidisciplinary endeavor. *Biomaterials science: an introduction to materials in medicine*, 3-19.
14. Williams, D. F. (2008). On the mechanisms of biocompatibility. *Biomaterials*, 29(20), 2941-2953.

15. Williams, D. F. (2017). Biocompatibility pathways: biomaterials-induced sterile inflammation, mechanotransduction, and principles of biocompatibility control. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 3(1), 2-35.
16. Wang, L., Wang, C., Wu, S., Fan, Y., & Li, X. (2020). Influence of the mechanical properties of biomaterials on degradability, cell behaviors and signaling pathways: current progress and challenges. *Biomaterials science*, 8(10), 2714-2733.
17. Discher, D. E., Mooney, D. J., & Zandstra, P. W. (2009). Growth factors, matrices, and forces combine and control stem cells. *Science*, 324(5935), 1673-1677.
18. Geetha, M., Singh, A. K., Asokamani, R., & Gogia, A. K. (2009). Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants—A review. *Progress in materials science*, 54(3), 397-425.
19. Middleton, J. C., & Tipton, A. J. (2000). Synthetic biodegradable polymers as orthopedic devices. *Biomaterials*, 21(23), 2335-2346.
20. Anselme, K. (2000). Osteoblast adhesion on biomaterials. *Biomaterials*, 21(7), 667-681.
21. Brown, B. N., Valentin, J. E., Stewart-Akers, A. M., McCabe, G. P., & Badylak, S. F. (2009). Macrophage phenotype and remodeling outcomes in response to biologic scaffolds with and without a cellular component. *Biomaterials*, 30(8), 1482-1491.
22. Alvarez, M. M., Liu, J. C., Trujillo-de Santiago, G., Cha, B. H., Vishwakarma, A., Ghaemmaghami, A. M., & Khademhosseini, A. (2016). Delivery strategies to control inflammatory response: Modulating M1-M2 polarization in tissue engineering applications. *Journal of Controlled Release*, 240, 349-363.
23. Park, H. J., Hong, H., Thangam, R., Song, M. G., Kim, J. E., Jo, E. H., ... & Lee, K. B. (2022). Static and dynamic biomaterial engineering for cell modulation. *Nanomaterials*, 12(8), 1377.
24. Fopase, R., Jawed, A., & Pandey, L. M. (2023). Biointerface Phenomena in Biological Science and Bioengineering: Importance of Engineering Courses. In *Engineering Pedagogy: A Collection of Articles in Honor of Prof. Amitabha Ghosh* (pp. 185-204). Singapore: Springer Nature Singapore.
25. Mosaddad, S. A., Salari, Y., Amookhteh, S., Soufdoost, R. S., Seifalian, A., Bonakdar, S., ... & Tebyanian, H. (2021). Response to mechanical cues by interplay of YAP/TAZ transcription factors and key mechanical checkpoints of the cell: a comprehensive review. *Cell Physiol Biochem*, 55(1), 33-60.

26. Bertrand, A. A., Malapati, S. H., Yamaguchi, D. T., & Lee, J. C. (2020). The intersection of mechanotransduction and regenerative osteogenic materials. *Advanced healthcare materials*, 9(20), 2000709.
27. Katoh, K. (2025). Integrin and Its Associated Proteins as a Mediator for Mechano-Signal Transduction. *Biomolecules*, 15(2), 166.
28. Mertgen, A. S., Trossmann, V. T., Guex, A. G., Maniura-Weber, K., Scheibel, T., & Rottmar, M. (2020). Multifunctional biomaterials: combining material modification strategies for engineering of cell-contacting surfaces. *ACS applied materials & interfaces*, 12(19), 21342-21367.
29. Hersel, U., Dahmen, C., & Kessler, H. (2003). RGD modified polymers: biomaterials for stimulated cell adhesion and beyond. *Biomaterials*, 24(24), 4385-4415.
30. Wei, H., Cui, J., Lin, K., Xie, J., & Wang, X. (2022). Recent advances in smart stimuli-responsive biomaterials for bone therapeutics and regeneration. *Bone research*, 10(1), 17.
31. Aflori, M. (2021). Smart nanomaterials for biomedical applications—a review. *Nanomaterials*, 11(2), 396.
32. Xu, L., Yang, B. F., & Ai, J. (2013). MicroRNA transport: a new way in cell communication. *Journal of cellular physiology*, 228(8), 1713-1719.
33. Makarova, J., Turchinovich, A., Shkurnikov, M., & Tonevitsky, A. (2021). Extracellular miRNAs and cell–cell communication: problems and prospects. *Trends in Biochemical Sciences*, 46(8), 640-651.
34. Théry, C., Witwer, K. W., Aikawa, E., Alcaraz, M. J., Anderson, J. D., Andriantsitohaina, R., ... & Jovanovic-Talisman, T. (2018). Minimal information for studies of extracellular vesicles 2018 (MISEV2018): a position statement of the International Society for Extracellular Vesicles and update of the MISEV2014 guidelines. *Journal of extracellular vesicles*, 7(1), 1535750.
35. Kučuk, N., Primožič, M., Knez, Ž., & Leitgeb, M. (2021). Exosomes engineering and their roles as therapy delivery tools, therapeutic targets, and biomarkers. *International journal of molecular sciences*, 22(17), 9543.
36. Panwar, D., Shrivastava, D., Kumar, A., Gupta, L. K., Kumar, N. S., & Chintagunta, A. D. (2023). Efficient strategy to isolate exosomes using anti-CD63 antibodies conjugated to gold nanoparticles. *AMB Express*, 13(1), 90.
37. Chen, B. Y., Sung, C. W. H., Chen, C., Cheng, C. M., Lin, D. P. C., Huang, C. T., & Hsu, M. Y. (2019). Advances in exosomes technology. *Clinica chimica acta*, 493, 14-19.
38. Song, Z., Mao, J., Barrero, R. A., Wang, P., Zhang, F., & Wang, T. (2020). Development of a CD63 aptamer for efficient cancer immunochemistry and immunoaffinity-based exosome isolation. *Molecules*, 25(23), 5585.

39. Panwar, D., Shrivastava, D., Bhawal, S., Gupta, L. K., Kumar, N. S., & Chintagunta, A. D. (2023). Detection of exosomes in various biological fluids utilizing specific epitopes and directed multiple antigenic peptide antibodies. *Reviews in Analytical Chemistry*, 42(1), 20230056.
40. Zarovni, N., Corrado, A., Guazzi, P., Zocco, D., Lari, E., Radano, G., ... & Chiesi, A. (2015). Integrated isolation and quantitative analysis of exosome shuttled proteins and nucleic acids using immunocapture approaches. *Methods*, 87, 46-58.
41. Zeng, H., Guo, S., Ren, X., Wu, Z., Liu, S., & Yao, X. (2023). Current strategies for exosome cargo loading and targeting delivery. *Cells*, 12(10), 1416.
42. Song, H., Chen, X., Hao, Y., Wang, J., Xie, Q., & Wang, X. (2022). Nano-engineering facilitating the target mission: targeted extracellular vesicles delivery systems design. *Journal of nanobiotechnology*, 20(1), 431.
43. Manning, B. D., & Toker, A. (2017). AKT/PKB signaling: Navigating the network. *Cell*, 169(3), 381-405.
44. Peppas, N. A., Hilt, J. Z., Khademhosseini, A., & Langer, R. (2006). Hydrogels in biology and medicine: from molecular principles to bionanotechnology. *Advanced Materials*, 18(11), 1345-1360.
45. Behzadi, S., Serpooshan, V., Tao, W., Hamaly, M. A., Alkawareek, M. Y., Dreaden, E. C., ... & Mahmoudi, M. (2017). Cellular uptake of nanoparticles: journey inside the cell. *Chemical society reviews*, 46(14), 4218-4244.
46. Dobson, P. D., & Kell, D. B. (2008). Carrier-mediated cellular uptake of pharmaceutical drugs: an exception or the rule?. *Nature reviews Drug discovery*, 7(3), 205-220.
47. Perrigue, P. M., Murray, R. A., Mielcarek, A., Henschke, A., & Moya, S. E. (2021). Degradation of drug delivery nanocarriers and payload release: A review of physical methods for tracing nanocarrier biological fate. *Pharmaceutics*, 13(6), 770.
48. Roberts, M. S., Dancik, Y., Prow, T. W., Thorling, C. A., Lin, L. L., Grice, J. E., ... & Becker, W. (2011). Non-invasive imaging of skin physiology and percutaneous penetration using fluorescence spectral and lifetime imaging with multiphoton and confocal microscopy. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 77(3), 469-488.
49. Cerrolaza, M., Shefelbine, S., & Garzón-Alvarado, D. (Eds.). (2017). Numerical methods and advanced simulation in biomechanics and biological processes. Academic Press.
50. Fotiadis, D. I., Sakellarios, A. I., & Potsika, V. T. (2023). Multiscale Modeling in Biomedical Engineering. John Wiley & Sons.
51. Kaul, H. (2013). A multi-paradigm modelling framework for simulating biocomplexity (Doctoral dissertation, University of Oxford).

52. Gómez Benito, M. J., & García Aznar, J. M. Unveiling the potential of combining machine learning and mechanistic models: from cell behavior to tumor growth.
53. Azizipour, N., Avazpour, R., Rosenzweig, D. H., Sawan, M., & Ajji, A. (2020). Evolution of biochip technology: A review from lab-on-a-chip to organ-on-a-chip. *Micromachines*, 11(6), 599.
54. Gupte, B., Jadhav, U., Gosavi, S., & Jagtap, S. (2025). Lab on chip for medical and clinical applications. *Sensors & Diagnostics*, 4(11), 939-965.
55. Jeyaraman, M., Jeyaraman, N., Ramasubramanian, S., Iyengar, K. P., & Jain, V. K. (2025). Lab-on-chip technology for clinical and medical application. In *Advanced Sensors for Smart Healthcare* (pp. 287-297). Elsevier.
56. Parihar, A., & Mehta, P. P. (Eds.). (2024). *Lab-on-a-chip devices for advanced biomedicines: laboratory scale engineering to clinical ecosystem*. Royal Society of Chemistry.
57. Ngo, H., Amartumur, S., Tran, V. T. A., Tran, M., Diep, Y. N., Cho, H., & Lee, L. P. (2023). In vitro tumor models on chip and integrated microphysiological analysis platform (MAP) for life sciences and high-throughput drug screening. *Biosensors*, 13(2), 231.
58. Cordeiro, S., Oliveira, B. B., Valente, R., Ferreira, D., Luz, A., Baptista, P. V., & Fernandes, A. R. (2024). Breaking the mold: 3D cell cultures reshaping the future of cancer research. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 12, 1507388.
59. Jones, S. J., Taylor, A. F., & Beales, P. A. (2019). Towards feedback-controlled nanomedicines for smart, adaptive delivery. *Experimental Biology and Medicine*, 244(4), 283-293.
60. Leng, Y., & Sun, R. (2025). Multifunctional Biomedical Devices with Closed-Loop Systems for Precision Therapy. *Advanced Healthcare Materials*, 2500860.
61. Bernstein, J. G., Phatak, S. A., Schuchman, G. I., Stakhovskaya, O. A., Rivera, A. L., & Brungart, D. S. (2022). Single-sided deafness cochlear implant sound-localization behavior with multiple concurrent sources. *Ear and hearing*, 43(1), 206-219.
62. Kokkinos, J. (2022). *Reprogramming Pancreatic Cancer Cells to Surrender to Microenvironmental Death Signals* (Doctoral dissertation, University of New South Wales (Australia)).
63. Leng, Y., & Sun, R. (2025). Multifunctional Biomedical Devices with Closed-Loop Systems for Precision Therapy. *Advanced Healthcare Materials*, 2500860.
64. Thakur, A., Anadebe, V. C., Dagdag, O., Sharma, D., & Om, H. (2025). Fundamentals and Recent Applications of 3D, 4D, and 5D Printing of Polymer and Its Nanocomposites: Challenges and Its Future Prospe-

- cts. *Polymer Nanocomposites for 3D, 4D and 5D Printing: Fundamental to Applications*, 345-392.
65. Nizam, M., Purohit, R., & Taufik, M. (2024). Materials for 3D printing in healthcare sector: A review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 238(10), 939-963.
 66. Mobarak, M. H., Abid, A. S., Munna, M. S., Dutta, M., & Rimom, M. I. H. Hybrid Advances.
 67. Agarwal, P., Arora, G., Panwar, A., Mathur, V., Srinivasan, V., Pandita, D., & Vasanthan, K. S. (2023). Diverse applications of three-dimensional printing in biomedical engineering: a review. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 10(5), 1140-1163.
 68. Profitiliotis, T., & Tzetzis, D. (2025). Design optimization and finite element analysis of 3D printed drug delivery systems. In *Fundamentals and future trends of 3D printing in drug delivery* (pp. 77-99). Academic Press.
 69. Filardi, V. (2025). The Evolution and Impact of Customized Implants with Intricate Designs. In *Biomaterials in Orthopaedics & Trauma: Current Status and Future Trends in Revolutionizing Patient Care* (pp. 291-307). Singapore: Springer Nature Singapore.
 70. Cellina, M., Cè, M., Ali, M., Irmici, G., Ibba, S., Caloro, E., ... & Papa, S. (2023). Digital twins: The new frontier for personalized medicine?. *Applied Sciences*, 13(13), 7940.
 71. Vallée, A. (2024). Envisioning the future of personalized medicine: role and realities of digital twins. *Journal of medical Internet research*, 26, e50204.
 72. Şerban, M., Toader, C., & Covache-Busuioc, R. A. (2025). CRISPR and Artificial Intelligence in Neuroregeneration: Closed-Loop Strategies for Precision Medicine, Spinal Cord Repair, and Adaptive Neuro-Oncology. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(19), 9409.
 73. Dubey, A. K., & Mostafavi, E. (2023). Biomaterials-mediated CRISPR/Cas9 delivery: recent challenges and opportunities in gene therapy. *Frontiers in Chemistry*, 11, 1259435.
 74. Iqbal, Z., Rehman, K., Xia, J., Shabbir, M., Zaman, M., Liang, Y., & Duan, L. (2023). Biomaterial-assisted targeted and controlled delivery of CRISPR/Cas9 for precise gene editing. *Biomaterials science*, 11(11), 3762-3783.
 75. Dietel, M., & Sers, C. (2006). Personalized medicine and development of targeted therapies: the upcoming challenge for diagnostic molecular pathology. A review. *Virchows Archiv*, 448(6), 744-755.-76. Mitsiades, C. S., Davies, F. E., Laubach, J. P., Joshua, D., Miguel, J. S., Anderson, K. C., & Richardson, P. G. (2011). Future directions of next-generation novel therapies, combination approaches, and the development of personalized medicine in myeloma. *Journal of clinical oncology*, 29(14), 1916-1923.

77. Gelmi, A., & Schutt, C. E. (2021). Stimuli-responsive biomaterials: scaffolds for stem cell control. *Advanced Healthcare Materials*, 10(1), 2001125.
78. Liao, Z., Liu, T., Yao, Z., Hu, T., Ji, X., & Yao, B. (2025, February). Harnessing stimuli-responsive biomaterials for advanced biomedical applications. In *Exploration* (Vol. 5, No. 1, p. 20230133).
79. Mohamed, M. A., Fallahi, A., El-Sokkary, A. M., Salehi, S., Akl, M. A., Jafari, A., ... & Cheng, C. (2019). Stimuli-responsive hydrogels for manipulation of cell microenvironment: From chemistry to biofabrication technology. *Progress in polymer science*, 98, 101147.
80. Gaobotse, G., Mbunge, E., Batani, J., & Muchemwa, B. (2022). Non-invasive smart implants in healthcare: Redefining healthcare services delivery through sensors and emerging digital health technologies. *Sensors International*, 3, 100156.
81. Kudłacik-Kramarczyk, S., Kieres, W., Przybyłowicz, A., Ziejewska, C., Marczyk, J., & Krzan, M. (2025). Recent Advances in Micro-and Nano-Enhanced Intravascular Biosensors for Real-Time Monitoring, Early Disease Diagnosis, and Drug Therapy Monitoring. *Sensors*, 25(15), 4855.
82. Ghoneim, M. T., Nguyen, A., Dereje, N., Huang, J., Moore, G. C., Murzynowski, P. J., & Dagdeviren, C. (2019). Recent progress in electrochemical pH-sensing materials and configurations for biomedical applications. *Chemical reviews*, 119(8), 5248-5297.
83. Hejabi, F., Abbaszadeh, M. S., Taji, S., O'Neill, A., Farjadian, F., & Douroudian, M. (2022). Nanocarriers: A novel strategy for the delivery of CRISPR/Cas systems. *Frontiers in Chemistry*, 10, 957572.
84. Dubey, A. K., & Mostafavi, E. (2023). Biomaterials-mediated CRISPR/Cas9 delivery: recent challenges and opportunities in gene therapy. *Frontiers in Chemistry*, 11, 1259435.
85. Isert, L., Gialdini, I., Ngo, T. M. H., Loiudice, G., Lamb, D. C., & Merkel, O. M. (2025). Upholding hyaluronic acid's multi-functionality for nucleic acid drug delivery to target EMT in breast cancer. *Nanoscale*.
86. Shi, Y., Shi, M., Wang, Y., & You, J. (2024). Progress and prospects of mRNA-based drugs in pre-clinical and clinical applications. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 9(1), 322.
87. Sadeghi, S., Tehrani, F. R., Tahmasebi, S., Shafiee, A., & Hashemi, S. M. (2023). Exosome engineering in cell therapy and drug delivery. *Inflammopharmacology*, 31(1), 145-169.
88. Serrano, D. R., Juste, F., Anaya, B. J., Ramirez, B. I., Sánchez-Guirales, S. A., Quispillo, J. M., ... & Lalatsa, A. (2025). Exosome-based drug delivery: a next-generation platform for cancer, infection, neurological and immunological diseases, gene therapy and regenerative medicine. *Pharmaceutics*, 17(10), 1336.

89. Parihar, A., & Mehta, P. P. (Eds.). (2024). *Lab-on-a-chip devices for advanced biomedicines: laboratory scale engineering to clinical ecosystem*. Royal Society of Chemistry.
90. Leung, C. M., De Haan, P., Ronaldson-Bouchard, K., Kim, G. A., Ko, J., Rho, H. S., ... & Toh, Y. C. (2022). A guide to the organ-on-a-chip. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1), 33.
91. Cognetti, J. S., & Miller, B. L. (2025). Real-Time, Continuous Monitoring of Tissue Chips as an Emerging Opportunity for Biosensing. *Sensors*, 25(16), 5153.
92. Villarruel Mendoza, L. A., Scilletta, N. A., Bellino, M. G., Desimone, M. E., & Catalano, P. N. (2020). Recent advances in micro-electro-mechanical devices for controlled drug release applications. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 827.
93. Zhang, H., Jackson, J. K., & Chiao, M. (2017). Microfabricated drug delivery devices: design, fabrication, and applications. *Advanced functional materials*, 27(45), 1703606.
94. Feng, W., Liu, J., Ao, H., Yue, S., & Peng, C. (2020). Targeting gut microbiota for precision medicine: Focusing on the efficacy and toxicity of drugs. *Theranostics*, 10(24), 11278.
95. Singh, H. N., Agrawal, S., & Modi, Y. K. (2024). Additively manufactured patient specific implants: A review. *Archive of Mechanical Engineering*, 109-138.
96. Sahai, N., & Gogoi, M. (2020). Computer aided designing and finite element analysis for development of porous 3D tissue scaffold-a review. *International Journal of Biomedical Engineering and Technology*, 33(2), 174-197.
97. Memon, A. R., Wang, E., Hu, J., Egger, J., & Chen, X. (2020). A review on computer-aided design and manufacturing of patient-specific maxillofacial implants. *Expert review of medical devices*, 17(4), 345-356.
98. Beskardes, G. D., Weiss, C. J., Kuhlman, K. L., & Chang, K. W. (2022). Finite element modeling of diffusion in fractured porous media by using hierarchical material properties. *Water Resources Research*, 58(2), e2020WR029510.
99. Fotiadis, D. I., Sakellarios, A. I., & Potsika, V. T. (2023). *Multiscale Modeling in Biomedical Engineering*. John Wiley & Sons.
100. Yang, H., & Jiang, Z. (2024). Decision support for personalized therapy in implantable medical devices: A digital twin approach. *Expert Systems with Applications*, 243, 122883.
101. Diniz, P., Grimm, B., Garcia, F., Fayad, J., Ley, C., Mouton, C., ... & Seil, R. (2025). Digital twin systems for musculoskeletal applications:

A current concepts review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 33(5), 1892-1910.]

102. Görtz, M., Brandl, C., Nitschke, A., Riediger, A., Stromer, D., Byczkowski, M., ... & Weidemüller, M. (2025). Digital twins for personalized treatment in uro-oncology in the era of artificial intelligence. *Nature Reviews Urology*, 1-11.

Diyabetik Ayak Tedavisinde VAC (Vakuum Yardımlı Kapama) Uygulamaları

Cihan Adanaş¹

Sezai Özkan²

Özet

Diyabetik ayak ülserleri, diyabetes mellitusun en ciddi komplikasyonlarından biri olup hem morbiditeyi hem de mortaliteyi artırmaktadır. Hastaların yaklaşık %15–25'i yaşamları boyunca en az bir kez ayak ülseri ile karşılaşmaktadır. Uygun şekilde yönetilmediğinde enfeksiyon, sepsis, gangren ve majör amputasyonlar gibi ağır sonuçlara yol açabilmektedir. Diyabetik ayak bakımında multidisipliner yaklaşım esastır; metabolik kontrolün sağlanması, enfeksiyon tedavisi, vasküler dolaşımın düzeltilmesi ve etkin yara yönetimi bu yaklaşımın temel unsurlarıdır. Son yıllarda yaygınlaşan modern tedavi yöntemlerinden biri negatif basınçlı yara tedavisi (VAC) olup, standart pansumanlara göre daha etkili sonuçlar sunmaktadır. VAC tedavisi; negatif basınç ile eksuda drenajı, ödem azalması, bakteriyel yük kontrolü ve granülasyon dokusu gelişimini hızlandırma gibi mekanizmalar yoluyla iyileşmeyi desteklemektedir. Uygulama öncesi yara yatağının uygun şekilde hazırlanması, debridman yapılması ve enfeksiyon kontrolü önem taşır. VAC sistemlerinde kullanılan köpük türleri ve basınç ayarları hastanın klinik durumuna göre belirlenmektedir. Tedavi, özellikle geniş yüzeyle ülserlerde, amputasyon sahalarında ve enfekte yaralarda etkili sonuçlar vermektedir. Literatürde VAC'ın yara kapanma süresini kısalttığı, granülasyon gelişimini artırdığı ve amputasyon oranlarını azalttığına dair güçlü klinik kanıtlar bulunmaktadır. Bununla birlikte yüksek maliyet ve yanlış kullanımda doku hasarı gibi dezavantajları da vardır. Sonuç olarak VAC tedavisi, doğru hasta seçimi ve multidisipliner yaklaşım ile diyabetik ayak yaralarının yönetiminde önemli bir tedavi seçeneği haline gelmiştir.

- 1 Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Van, cihanadanas@hotmail.com, ORCHİD: 0000-0002-3652-6077
- 2 Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Van, doktorsezai@hotmail.com, ORCHİD: 0000-0003-4444-6939

1. Giriş

Diyabetik ayak ülserleri, diyabetes mellitusun en ciddi ve maliyetli komplikasyonları arasında yer almakta olup hem morbiditeyi hem de mortaliteyi belirgin biçimde artırmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü raporlarına göre diyabet hastalarının yaklaşık %15–25'i yaşamları boyunca en az bir kez ayak ülseri ile karşılaşmaktadır (Armstrong & Boulton, 2017). Bu ülserlerin önemli bir bölümü enfeksiyon, sepsis, gangren ve alt ekstremité amputasyonları ile sonuçlanmaktadır (Lipsky et al., 2020).

Diyabetik ayak yaralarının başarılı yönetimi; metabolik kontrolün sağlanması, enfeksiyonun tedavisi, vasküler dolaşımın yeniden sağlanması, basınç azaltıcı yaklaşımlar ve etkin yara bakımını kapsayan multidisipliner bir yaklaşım gerektirir. Bu kapsamda son yıllarda yaygınlaşan yöntemlerden biri negatif basınçlı yara tedavisidir (VAC – vacuum-assisted closure, NPWT). İlk olarak Argenta ve Morykwas tarafından 1990'lı yıllarda tanımlanan bu yöntem (Morykwas et al., 1997), günümüzde diyabetik ayak ülserlerinin tedavisinde standart yara bakımına kıyasla daha etkin sonuçlar sunmaktadır.

VAC tedavisi; yara yüzeyine kontrollü negatif basınç uygulanması yoluyla eksudanın uzaklaştırılması, periyonal ödemin azaltılması, bakteriyel yükün kontrol altına alınması ve granülasyon dokusunun uyarılması esasına dayanır (Orgill & Bayer, 2013). Bu etkiler, yöntemi karmaşık ve iyileşmesi güç diyabetik ayak yaralarında önemli bir tedavi seçeneği haline getirmiştir.

2. Diyabetik Ayak Patofizyolojisi ve VAC Tedavisinin Bilimsel Temelleri

Diyabetik ayak ülserlerinin ortaya çıkışında üç temel mekanizma rol oynar:

2.1. Periferik nöropati:

Periferik nöropati, diyabetik ayak ülserlerinin gelişiminde en temel ve en sık karşılaşılan patofizyolojik mekanizmalardan biridir. Diyabete bağlı kronik hiperglisemi, periferik sinir liflerinde yapısal ve fonksiyonel hasara yol açarak duyuşal, motor ve otonom nöropati tablolarının ortaya çıkmasına neden olur. Bu üç nöropati tipi sıklıkla bir arada bulunur ve diyabetik ayak patogeneğinde birbirini olumsuz yönde etkileyen mekanizmalarla rol oynar.

Duyuşal nöropati, ağrı, ısı ve basınç duyusunun azalmasına veya kaybına yol açarak hastanın minör travmaları, tekrarlayan mikrobasişları ve uygun olmayan ayakkabı kullanımına bağlı hasarları fark edememesine neden olur. Bu durum, özellikle plantar bölgede uzun süreli basınca maruz kalan

alanlarda cilt bütünlüğünün bozulmasını ve ülser gelişimini kolaylaştırır. Ağrı duyusunun azalması, hastaların lezyon farkındalığını geciktirerek tanı ve tedavide gecikmeye yol açmaktadır.

Motor nöropati, intrinsik ayak kaslarında atrofi ve dengesizlik oluşturarak pençe parmak, çekiç parmak ve metatars başlarında çıkıntılılaşma gibi deformitelere neden olur. Bu yapısal değişiklikler, plantar basınç dağılımını bozarak belirli noktalarda aşırı yüklenmeye ve kallus oluşumuna zemin hazırlar. Kallus altı kanamalar ve cilt bütünlüğünün bozulması, diyabetik ayak ülserlerinin başlangıç noktası olarak sıklıkla karşımıza çıkmaktadır.

Otonom nöropati ise terleme fonksiyonunun azalmasına bağlı olarak ciltte kuruluk, elastikiyet kaybı ve fissür oluşumuna neden olur. Cilt bariyerinin bozulması, mikroorganizmalara giriş kapısı oluşturarak enfeksiyon riskini belirgin şekilde artırır. Ayrıca otonom disfonksiyonun neden olduğu mikrovasküler değişiklikler, lokal doku perfüzyonunu ve yara iyileşme kapasitesini olumsuz etkileyerek ülserlerin kronikleşmesine katkıda bulunur (Boulton, 2013).

Resim 1: Duyusal ve motor nöropatisi sonucu ayakta cilt kuruluğu ve deforme başlangıcı olan diyabetli bir hastamızın ayak görünümü.



2.2. Periferik arter hastalığı (PAH):

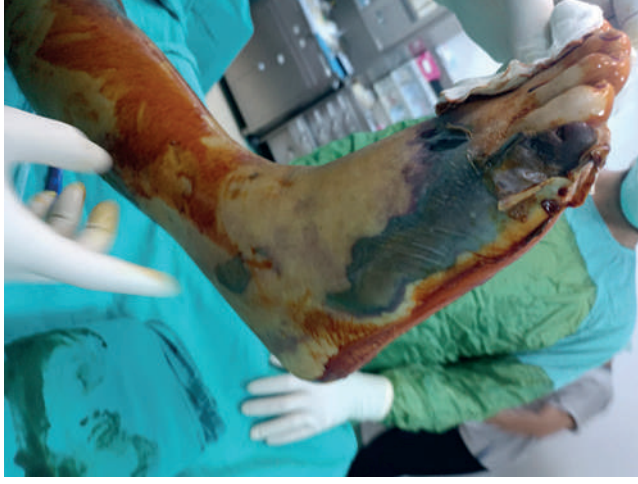
Periferik arter hastalığı (PAH), diyabetik ayak ülserlerinin gelişimi ve iyileşme sürecini belirleyen en önemli vasküler faktörlerden biridir. Diyabetes mellituslu hastalarda aterosklerotik süreç daha erken yaşta başlamakta, daha hızlı ilerlemekte ve sıklıkla diz altı arterleri tutarak distal ekstremitte perfüzyonunu ciddi şekilde azaltmaktadır. PAH varlığı, diyabetik ayak ülserlerinde doku oksijenizasyonunun bozulmasına, enfeksiyon riskinin artmasına ve yara iyileşmesinin belirgin şekilde gecikmesine neden olmaktadır.

Diyabetik hastalarda PAH genellikle sessiz seyirlidir ve eşlik eden periferik nöropati nedeniyle intermittan kladikasyon gibi klasik semptomlar maskelenebilir. Bu durum, hastalığın tanısında gecikmeye yol açarak ülserlerin kronikleşmesine ve ileri evre iskemik lezyonların gelişmesine zemin hazırlar. Kritik ekstremitte iskemisi gelişen olgularda istirahat ağrısı, nekroz ve gangren gibi ciddi klinik tablolar ortaya çıkabilmektedir.

PAH'ye bağlı azalmış kan akımı, yalnızca makrovasküler düzeyde değil, aynı zamanda mikrosirkülasyon düzeyinde de doku beslenmesini olumsuz etkiler. Endotel disfonksiyonu, kapiller yoğunluk azalması ve nitrik oksit biyoyararlanımındaki düşüş, lokal iyileşme kapasitesini sınırlayan temel patofizyolojik mekanizmalardır. Bu süreçler, granülasyon dokusu oluşumunu baskılamakta ve uygulanan yara tedavilerinin etkinliğini azaltmaktadır.

Tanısal değerlendirmede ayak nabızlarının palpasyonu, ayak bileği-kol indeksi (ABI), ayak parmağı basınç ölçümleri ve transkutanöz oksijen basıncı (TcPO₂) ölçümleri önemli yer tutar. Ancak diyabetik hastalarda arteriyel kalsifikasyona bağlı yalancı yüksek ABI değerleri görülebileceğinden, ileri görüntüleme yöntemleri ve fonksiyonel testler sıklıkla gereklidir.

Resim 2:Hastanemize geç başvuru sonucu doku akımı ileri derecede bozulmuş ve nekrozu olan diyabetik hastamızın ayak görünüümü.



2.3.Bağışıklık sistemi disfonksiyonu:

Diyabetik bireylerde fagositoz, kemotaksis ve nötrofil fonksiyonları belirgin ölçüde azalmıştır (Schuetz, P et al., 2011). Bu durum enfeksiyonların kontrol edilmesini zorlaştırır.

Resim 3: Ayakta osteomyeliti olan diyabetik bir hastamız



Bu patofizyolojik süreçler, diyabetik yaraların kronikleşmesine neden olur. VAC tedavisinin etkinliği aşağıdaki mekanizmalarla açıklanabilir:

- Yara içi ödemi azaltarak mikrosirkülasyonu artırır (Morykwas et al., 1997).
- Makro ve mikro deformasyon etkisiyle granülasyon dokusunu hızlandırır.
- Bakteriyel yükü azaltır ve kontaminasyonu sınırlar.
- Nemli ve kontrollü bir yara ortamı oluşturarak fibroblast aktivasyonunu artırır (Orgill & Bayer, 2013).

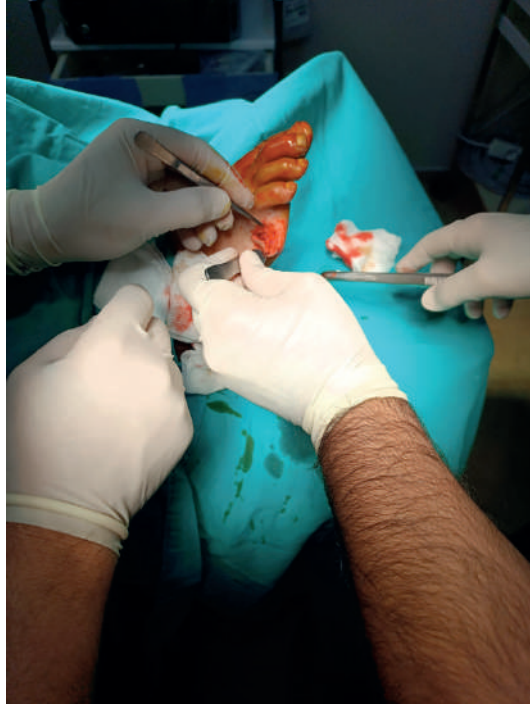
3. VAC Uygulama Tekniği

3.1. Yara Hazırlığı

VAC tedavisine başlamadan önce yara yatağı mutlaka uygun şekilde hazırlanmalı; nekrotik, devitalize dokular cerrahi debridman ile

uzaklaştırılmalıdır. Enfekte yaralarda kültür sonuçlarına göre sistemik antibiyotik tedavisi planlanır (Dalmedico, M. M et al., 2010).

Resim 4: Diyabetik ayak VAC uygulaması öncesi yara debridmanı



3.2. Uygulama Basamakları

1. Yara boyutuna uygun köpük (siyah, beyaz veya gümüş emdirilmiş) seçilir.
2. Köpük yara yüzeyine yerleştirilir.
3. Yarayı tamamen örten hava geçirmez şeffaf film uygulanır.
4. Film üzerine açılan porttan drenaj hattı bağlanır.
5. Cihaz aracılığıyla belirlenen negatif basınç uygulanır.

3.3. Basınç Parametreleri

- Sürekli negatif basınç: genellikle -75 ila -125 mmHg
- Aralıklı mod: 5 dakika negatif basınç, 2 dakika duraklama (granülasyon artırıcı etki)

(Morykwas et al., 1997)

3.4. Köpük Türleri

- Siyah poliüretan köpük: Granülasyon dokusu gelişimi için en uygun yapıdadır.
- Beyaz poliester köpük: Tendon, damar, sinir gibi hassas yapıların üzerinde tercih edilir.
- Gümüş emdirilmiş köpük: Antimikrobiyal etki sağlar (Armstrong et al., 2017).

Resim 5: Diyabetik ayak nedeniyle VAC uygulaması yaptığımız 54 yaşındaki hastamız



Resim 6: Diyabetik ayak nedeniyle VAC uygulaması yapılan 42 yaşındaki 2. Hastamız



3.5. Pansuman Değişim Aralığı

Genellikle 48–72 saatte bir değiştirilir. Ağır enfeksiyonlarda günlük değişim gerekebilir.

4. Endikasyonlar ve Kontrendikasyonlar

4.1. Endikasyonlar

- Debridman sonrası geniş yüzeyli diyabetik ülserler
- Amputasyon sahasının yönetimi
- Enfekte veya fazla eksuda içeren yaralar
- Wagner Evre 2–4 ülserler (Lipsky et al., 2020)

4.2. Kontrendikasyonlar

- Aktif malign yara
- Tedavi edilmemiş osteomyelit
- Şiddetli iskemi ($ABI < 0.5$)
- Masif nekrotik dokunun varlığı
- Fistül, viseral organ açıklığı (Orgill & Bayer, 2013)

Resim 7: Şiddetli iskemi ve enfeksiyonu olan bir hastamız



Resim 8: Ayak 1. parmakta masif nekrotik dokunun varlığı ve osteomyeliti olan hastamıza VAC uygulanmadı



Resim 9: Dış merkezde VAC uygulamasından fayda görmeyen hastamızın ayak görünümü



5. Klinik Kanıtlar

- Blume et al. (2008): VAC tedavisinin granülasyon gelişimini hızlandırdığı ve amputasyon gereksinimini azalttığı gösterilmiştir.
- Armstrong & Lavery (2005): Amputasyon sonrası yaralarda VAC'ın kapanma süresini anlamlı şekilde kısalttığı raporlanmıştır.
- Morykwas et al. (1997): Negatif basıncın lokal kan akımını %400'e kadar artırdığı ve bakteriyel yükü azalttığı bulunmuştur.
- Theodorakopoulos, G et al. (2025): VAC tedavisi hastanede kalış süresini ve enfeksiyon oranlarını azaltmıştır. Standart pansumana kıyasla VAC'ın amputasyon seviyesini ve süresini düşürdüğü saptanmıştır.

Resim 10: 4 seans VAC uygulaması sonucu yara yerinde granülasyon olan hastamızın ayak görünümü



6. VAC Tedavisinin Avantajları ve Dezavantajları

6.1. Avantajlar

- Hızlı granülasyon dokusu gelişimi
- Yara kapanma süresinde kısalma
- Majör amputasyon oranlarında azalma
- Daha az pansuman değişimi ve artmış hasta konforu
- Ödem ve bakteriyel yükte azalma (Dalmedico, M. M., et al., 2010)

6.2. Dezavantajlar

- Görece yüksek tedavi maliyeti
- Yanlış basınç ayarında doku nekrozu riski
- Pansuman değişiminde ağrı veya kanama
- Revaskülarize edilmemiş ciddi iskemilerde etkisiz (Orgill & Bayer, 2013)

7. Multidisipliner Yaklaşımın Önemi

VAC tedavisinin başarısı, diyabetik ayak yönetimindeki diğer disiplinlerle entegrasyonuna bağlıdır:

- Endokrinoloji: glisemik kontrol
- Enfeksiyon hastalıkları: uygun antibiyotik tedavisi
- Vasküler cerrahi: revaskülarizasyon işlemleri
- Ortopedi / Plastik cerrahi: debridman ve rekonstrüksiyon
- Fizik tedavi: basınç azaltıcı ortezler ve ayakkabılar

(Schuetz P et al., 2011)

8. Gelecek Perspektifleri

VAC teknolojisinin biyolojik ajanlar, büyüme faktörleri ve kök hücre tedavileri ile kombine kullanılması üzerine çalışmalar giderek artmaktadır (Horch, R. E et al., 2021). Ayrıca taşınabilir, hafif ve ev kullanımına uygun cihazların yaygınlaşması tedavi maliyetlerini düşürebilecektir.

9. Sonuç

Diyabetik ayak ülserleri, yüksek amputasyon riski ve uzun iyileşme süreleri nedeniyle multidisipliner yaklaşım gerektiren kompleks yaralardır ve bu süreçte negatif basınçlı yara tedavisi (VAC), yara eksüdasının etkin kontrolü, lokal perfüzyonun artırılması ve granülasyon dokusu oluşumunun hızlandırılması gibi mekanizmaları sayesinde etkili bir tedavi yöntemi olarak öne çıkmaktadır; özellikle cerrahi debridman sonrası derin ve komplike yaralarda konvansiyonel pansumanlara kıyasla daha hızlı yara iyileşmesi ve daha iyi enfeksiyon kontrolü sağlamaktadır. Bununla birlikte VAC tedavisinin başarısı, uygun hasta seçimi, yeterli vasküler dolaşımın sağlanması ve enfeksiyonun etkin biçimde kontrol altına alınmasına bağlı olup, bu nedenle VAC tek başına bir yöntem olarak değil, revaskülarizasyon, antibiyotik tedavisi ve gerekli cerrahi girişimleri içeren bütüncül bir tedavi algoritmasının ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmelidir; doğru endikasyonlarla uygulandığında ekstremitenin korunmasına önemli katkı sağlayarak amputasyon oranlarının azaltılmasında etkili bir rol üstlenmektedir.

Kaynaklar

- 1-Armstrong, D. G., & Boulton, A. J. M. (2017). The diabetic foot. *New England Journal of Medicine*, 376(24), 2367–2375.
- 2-Armstrong, D. G., & Lavery, L. A. (2005). Negative pressure wound therapy after partial diabetic foot amputation: A multicenter, randomized controlled trial. *The Lancet*, 366(9498), 1704–1710.
- 3-Blume, P. A., Walters, J., Payne, W., Ayala, J., & Lantis, J. (2008). Comparison of negative pressure wound therapy using vacuum-assisted closure with advanced moist wound therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care*, 31(4), 631–636.
- 4- Boulton A. J. (2013). The pathway to foot ulceration in diabetes. *The Medical clinics of North America*, 97(5), 775–790. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2013.03.007>
- 5- Dalmedico, M. M., do Rocio Fedalto, A., Martins, W. A., de Carvalho, C. K. L., Fernandes, B. L., & Ioshii, S. O. (2024). Effectiveness of negative pressure wound therapy in treating diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Wounds : a compendium of clinical research and practice*, 36(8), 281–289. <https://doi.org/10.25270/wnds/23140>
- 6-Horch, R. E., Ludolph, I., Müller-Seubert, W., Zetzmann, K., Hauck, T., Arkudas, A., & Geierlehner, A. (2020). Topical negative-pressure wound therapy: emerging devices and techniques. *Expert review of medical devices*, 17(2), 139–148. <https://doi.org/10.1080/17434440.2020.1714434>
- 7-Theodorakopoulos, G., & Armstrong, D. G. (2025). Negative-Pressure Wound Therapy in Diabetic Foot Management: Synthesis of International Randomized Evidence over Two Decades. *Diabetology*, 6(11), 126. <https://doi.org/10.3390/diabetology6110126>
- 8-Schuetz, P., Castro, P., & Shapiro, N. I. (2011). Diabetes and sepsis: preclinical findings and clinical relevance. *Diabetes care*, 34(3), 771–778. <https://doi.org/10.2337/dc10-1185>
- 9-Lipsky, B. A., et al. (2020). Guidelines on the diagnosis and treatment of foot infection in persons with diabetes. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 36(S1), e3280.
- 10-Morykwas, M. J., Argenta, L. C., Shelton-Brown, E. I., & McGuirt, W. (1997). Vacuum-assisted closure: Animal studies and basic foundation. *Annals of Plastic Surgery*, 38(6), 553–562.
- 11-Orgill, D. P., & Bayer, L. R. (2013). Negative pressure wound therapy: Past, present and future. *International Wound Journal*, 10(S1), 15–19.

Ocular Complications in Pediatric Intensive Care Units: Clinical Features and Care Considerations

Elem Kocaçal¹

Abstract

Ocular complications represent a frequently overlooked yet clinically significant problem in pediatric intensive care units (PICUs). Critically ill children are particularly vulnerable to ocular surface disorders due to factors such as mechanical ventilation, sedation, neuromuscular blockade, decreased level of consciousness, and prolonged length of stay. Disruption of physiological protective mechanisms—including tear production, blinking, and complete eyelid closure—predisposes this population to exposure keratopathy, corneal injury, and infectious complications, which may result in long-term visual impairment if not promptly identified and managed. This book chapter provides a comprehensive overview of ocular complications in pediatric intensive care units, focusing on their pathophysiology, prevalence, risk factors, and clinical consequences. Current evidence demonstrates that ocular surface disorders in PICUs are common but largely preventable through early recognition and systematic care. Particular emphasis is placed on lagophthalmos as a key pathophysiological mechanism and modifiable risk factor. The chapter further reviews preventive and protective strategies, highlighting the superiority of moisture chamber applications over isolated use of lubricants and other traditional methods. A central component of this chapter is the role of nursing care in the assessment, prevention, and management of ocular complications. Structured ocular assessment, nurse-led fluorescein screening, and risk-based monitoring are discussed as essential elements of safe care. In addition, the integration of NANDA-I nursing diagnoses, NIC interventions, and NOC outcomes is presented as a framework for delivering standardized, evidence-based, and measurable eye care in pediatric intensive care settings. Finally, the chapter emphasizes

1 İzmir Demokrasi Üniversitesi Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, İzmir/Türkiye; ORCID ID: 0000-0001-8771-5786; elem.kocacal@hotmail.com

the importance of nurse education, standardized protocols, and quality improvement initiatives in reducing preventable ocular complications. Strengthening nursing leadership in ocular care is proposed as a key strategy for enhancing patient safety and preserving visual health in critically ill children.

1. Introduction

Children admitted to pediatric intensive care units (PICUs) are exposed to a wide range of life-threatening conditions and advanced therapeutic interventions, often resulting in multisystem involvement. Factors such as sedation, mechanical ventilation, the use of neuromuscular blocking agents, sepsis, and neurological disorders may reduce the level of consciousness and compromise the body's physiological protective mechanisms (Niemi et al., 2020; Tork et al., 2022). Under normal circumstances, the ocular surface is protected by adequate tear production, regular blinking, and complete eyelid closure. In critically ill pediatric patients, however, disruption of these mechanisms may lead to drying of the corneal epithelium and the development of various ocular surface disorders, most notably exposure keratopathy (Pech-Lugo et al., 2025). The risk appears to be particularly pronounced in children receiving mechanical ventilation and continuous sedation (Niemi et al., 2020).

2. Ocular Complications in Pediatric Intensive Care Units

Ocular complications observed in children admitted to pediatric intensive care units (PICUs) primarily arise from the disruption of the eye's physiological protective mechanisms. Sedation, mechanical ventilation, the use of neuromuscular blocking agents, and reduced levels of consciousness suppress the blink reflex, impair eyelid closure, and decrease tear secretion (Niemi et al., 2020; Tork et al., 2022). As a result, the ocular surface becomes vulnerable to desiccation, which may subsequently lead to the development of various ocular disorders.

Exposure keratopathy is the most frequently reported ocular surface disorder among pediatric intensive care patients. It is characterized by punctate epithelial defects of the cornea, typically beginning in the inferior third, and may demonstrate a progressive course if left untreated (Pech-Lugo et al., 2025). In the absence of timely intervention, exposure keratopathy can advance to sterile or infectious corneal ulcers and, in rare cases, corneal perforation. Reported prevalence rates in PICUs range from 10% to 57%, with significantly higher rates among mechanically ventilated children (Niemi et al., 2020; Pech-Lugo et al., 2025). In the study conducted by

Pech-Lugo et al. (2025), exposure keratopathy developed in 56.8% of pediatric patients, with lagophthalmos identified as the strongest associated risk factor. Keratopathy and corneal abrasions may develop as a progression of exposure keratopathy or as a consequence of mechanical trauma. Ocular surface dryness, impaired eyelid closure, and insufficient lubrication are among the primary contributing factors (Niemi et al., 2020). Niemi et al. (2020) reported that at least one ocular surface disorder was identified in 32.2% of children during their stay in the PICU; however, following the implementation of a standardized eye care protocol, this rate decreased markedly to 8.6%. Conjunctivitis and chemosis represent other commonly encountered ocular complications in pediatric intensive care patients. Prolonged mechanical ventilation, high oxygen flow, infections, and fluid imbalance have been implicated in the development of these conditions (Tork et al., 2022). In the study by Pech-Lugo et al. (2025), chemosis was shown to be significantly associated with the development of exposure keratopathy, underscoring its clinical relevance in critically ill children. Ocular surface disorders developing during childhood may result in more severe long-term consequences compared with those observed in adults. Corneal scarring and opacity can compromise the visual axis and contribute to the development of amblyopia (Pech-Lugo et al., 2025). For this reason, early recognition and prevention of ocular complications in pediatric intensive care patients are of critical importance.

Recent studies indicate that the majority of ocular complications in PICUs are largely preventable and that regular assessment combined with appropriate care strategies can significantly reduce their incidence (Cardozo et al., 2020; Sevgi et al., 2024).

3. Etiology and Risk Factors of Ocular Complications

Ocular complications developing in pediatric intensive care units are generally characterized by a multifactorial etiology, emerging in relation to patient-specific factors, therapeutic interventions, and care processes. Critical illness, reduced levels of consciousness, and life-sustaining interventions disrupt the eye's natural protective mechanisms, thereby creating a predisposition to ocular surface disorders (Niemi et al., 2020; Pech-Lugo et al., 2025). Sedation represents one of the primary risk factors for the development of ocular complications in pediatric intensive care patients. Sedative agents suppress the blink reflex and interfere with complete eyelid closure, frequently leading to the development of lagophthalmos (Tork et al., 2022). Pech-Lugo et al. (2025) reported that all children who developed

exposure keratopathy were under sedation and that prolonged duration of sedation was associated with a significant increase in complication risk.

A reduced level of consciousness further limits children's ability to express ocular discomfort, delaying the recognition of early ocular surface lesions. This challenge may result in delayed diagnosis and treatment of ocular complications, particularly in pediatric patients who are unable to communicate symptoms effectively (Niemi et al., 2020). Mechanical ventilation is among the risk factors most strongly associated with ocular surface disorders in pediatric intensive care patients. Positive pressure ventilation reduces the tone of the orbicularis oculi muscle, impairs eyelid closure, and contributes to corneal exposure (Pech-Lugo et al., 2025). The use of neuromuscular blocking agents further accentuates these effects. Niemi et al. (2020) reported significantly higher rates of ocular surface disorders among children receiving neuromuscular blockers. Similarly, Pech-Lugo et al. (2025) observed that exposure keratopathy developed in all patients who were administered neuromuscular blocking agents.

Lagophthalmos constitutes one of the most critical pathophysiological mechanisms underlying ocular complications in pediatric intensive care settings. Incomplete eyelid closure exposes the cornea to the external environment and accelerates evaporation of the tear film (Tork et al., 2022). A strong association between the presence of lagophthalmos and the development of exposure keratopathy has been consistently reported in the literature. In the study by Pech-Lugo et al. (2025), exposure keratopathy developed in 86.9% of children with lagophthalmos, with a reported 13-fold increase in risk. These findings underscore the importance of regular eyelid assessment in pediatric intensive care practice. Chemosis is frequently observed in intensive care patients, particularly in the presence of fluid overload, infection, and impaired venous return. Conjunctival edema further compromises eyelid closure, thereby exacerbating vulnerability of the ocular surface (Pech-Lugo et al., 2025). Sepsis and systemic inflammatory responses are associated with microcirculatory impairment and reduced ocular surface perfusion, which may diminish healing capacity and promote progression of existing lesions (Niemi et al., 2020).

Prolonged length of stay in the pediatric intensive care unit is considered an independent risk factor for the development of ocular complications. Pech-Lugo et al. (2025) reported significantly longer PICU stays among children who developed exposure keratopathy. Extended hospitalization, accompanied by sustained exposure to sedation and mechanical ventilation, may render ocular surface damage increasingly unavoidable over time.

4. Pathophysiology of Ocular Complications

Ocular complications observed in pediatric intensive care patients develop through a multistep pathophysiological process that arises from disruption of the eye's physiological protective systems. Under normal conditions, the ocular surface is protected from external insults by the tear film, regular blinking, complete eyelid closure, and the integrity of the corneal epithelium. In the intensive care setting, however, these mechanisms are reported to be substantially impaired, rendering the ocular surface vulnerable to injury (Tork et al., 2022; Niemi et al., 2020). The tear film is a dynamic structure composed of lipid, aqueous, and mucin layers, playing a critical role in maintaining corneal hydration, preserving optical clarity, and protecting against microorganisms. In intensive care patients, sedation, mechanical ventilation, and oxygen therapy reduce tear production while simultaneously increasing the rate of tear evaporation (Pech-Lugo et al., 2025). Disruption of tear film stability leads to corneal surface dryness and the formation of micro-surface defects, representing the initial stage in the development of exposure keratopathy. Studies have demonstrated that tear film integrity may deteriorate rapidly in children admitted to intensive care units, with damage beginning within the first 24–48 hours of hospitalization (Niemi et al., 2020; Tork et al., 2022).

The blink reflex is a fundamental protective mechanism that ensures uniform distribution of the tear film across the corneal surface and facilitates the removal of foreign particles. Sedative and analgesic medications markedly reduce blink frequency through central nervous system suppression (Pech-Lugo et al., 2025). Decreased blinking prevents adequate renewal of the tear film and prolongs corneal exposure. In pediatric patients, whose corneal epithelium is inherently more fragile, this mechanism may accelerate the development of ocular surface damage (Tork et al., 2022). Lagophthalmos represents one of the principal pathophysiological triggers of ocular complications in intensive care settings. Sedation, neuromuscular blocking agents, and facial or periorbital edema reduce the tone of the orbicularis oculi muscle, thereby preventing complete eyelid closure (Niemi et al., 2020). Persistent eyelid opening exposes the cornea to ambient air, leading to epithelial erosion, particularly in the inferior corneal region. Pech-Lugo et al. (2025) reported that the presence of lagophthalmos increased the risk of exposure keratopathy by 13-fold, highlighting the combined contribution of mechanical injury and desiccation in the pathogenesis of corneal damage. Loss of tear film protection and sustained mechanical exposure compromise corneal epithelial integrity, resulting in superficial punctate epithelial erosions. As these lesions progress, larger epithelial defects, stromal involvement,

and infectious keratitis may develop (Pech-Lugo et al., 2025). In pediatric patients, the clinical significance of corneal injury extends beyond the acute phase. Corneal scarring, particularly when it involves the visual axis, increases the risk of amblyopia and permanent visual impairment (Pech-Lugo et al., 2025; Tork et al., 2022).

In pediatric intensive care patients, sepsis, systemic inflammation, and immune suppression reduce the ocular surface's resistance to infection. Disruption of corneal epithelial integrity creates a portal of entry for microorganisms, thereby increasing the risk of microbial keratitis (Niemi et al., 2020). In addition, prolonged antibiotic exposure and contact with hospital flora may predispose patients to ocular infections caused by resistant pathogens. For this reason, preservation of ocular surface integrity is essential not only for preventing local complications but also for reducing the risk of broader systemic consequences (Tork et al., 2022).

5. Prevalence and Clinical Significance of Ocular Complications in Pediatric Intensive Care

Although ocular complications occur more frequently than is often assumed in pediatric intensive care units, they may remain overshadowed by life-threatening clinical conditions and therefore go unrecognized in routine practice. The literature reports that the prevalence of ocular surface disorders among intensive care patients ranges from 10% to 57%, with markedly higher rates observed in pediatric populations, particularly in the presence of sedation and mechanical ventilation (Niemi et al., 2020; Pech-Lugo et al., 2025).

Although studies examining the prevalence of ocular surface disorders in pediatric intensive care patients remain limited, available evidence consistently points to a high-risk patient population. In a prospective cohort study conducted by Niemi et al. (2020), ocular surface disorders were identified in 15% of sedated and intubated children at the time of initial assessment following admission to the intensive care unit. With repeated evaluations during hospitalization, this rate increased to 32.2%. Similarly, in a prospective study by Pech-Lugo et al. (2025), exposure keratopathy developed in 56.8% of children admitted to the pediatric intensive care unit. This figure represents one of the highest prevalence rates reported in pediatric populations and has been attributed to the high frequency of mechanical ventilation and prolonged sedation in this setting. Mechanical ventilation is considered one of the strongest determinants of ocular complication development in pediatric intensive care patients. In the study by Pech-

Lugo et al. (2025), 86.1% of children who developed exposure keratopathy were receiving mechanical ventilation, and the risk was reported to be approximately sevenfold higher among ventilated patients. The presence of sedation further exerts a substantial influence on prevalence rates. In the same study, all children who developed exposure keratopathy (100%) were under sedation, and increasing duration of sedation was associated with both a higher frequency and greater severity of ocular lesions (Pech-Lugo et al., 2025). These findings suggest that sedation is not merely a coexisting condition but represents a direct pathophysiological risk factor for ocular surface injury.

Lagophthalmos is regarded as a critical intermediate mechanism in the development of ocular complications among pediatric intensive care patients. Pech-Lugo et al. (2025) reported that exposure keratopathy developed in 78.4% of children with identified lagophthalmos, highlighting its strong predictive value. Although chemosis occurs less frequently, its presence constitutes an important risk factor for progression of ocular surface damage. Chemosis further compromises eyelid closure and increases corneal exposure, thereby exacerbating vulnerability of the ocular surface (Niemi et al., 2020). The clinical significance of ocular complications in pediatric intensive care patients extends beyond acute ocular surface lesions. Progressive corneal injury, scarring, and involvement of the visual axis may result in long-term outcomes such as amblyopia, refractive errors, and permanent visual impairment (Pech-Lugo et al., 2025). Ongoing maturation of the visual system during childhood represents a key factor distinguishing pediatric patients from adults. Consequently, even ocular lesions that appear transient in the intensive care setting may exert lasting effects on a child's neurodevelopmental and functional outcomes (Tork et al., 2022). Moreover, delayed recognition or failure to identify ocular complications may increase the risk of infection, prolong hospital stay, and contribute to higher care-related costs (Niemi et al., 2020). Collectively, these findings underscore that ocular care in pediatric intensive care units represents a critical clinical priority rather than a neglectable aspect of care.

6. Approaches to the Prevention of Ocular Complications

Prevention of ocular complications in pediatric intensive care units requires systematic and evidence-based care approaches, particularly during periods of sedation and mechanical ventilation when physiological protective mechanisms are compromised. Although various strategies aimed at preventing ocular surface injury have been described in the literature,

notable differences exist in their reported effectiveness (Niemi et al., 2020; Tork et al., 2022).

6.1. Eyelid Closure–Based Interventions

Interventions aimed at promoting eyelid closure represent one of the fundamental strategies for reducing corneal exposure. Commonly used methods include eyelid taping, gauze applications, and moisture chamber techniques. Eyelid taping is frequently preferred in the presence of lagophthalmos; however, improper application may result in eyelash loss, skin irritation, and eyelid trauma. In addition, the inability to directly observe whether complete eyelid closure has been achieved constitutes an important limitation of this method (Tork et al., 2022). Gauze applications, on the other hand, are often insufficient in maintaining adequate corneal hydration and demonstrate limited effectiveness in preventing ocular surface dryness.

6.2. Polyethylene Cover (Moisture Chamber) Application

Current evidence indicates that the use of a polyethylene cover to create a moisture chamber is among the most effective methods for preventing ocular surface complications. By establishing a closed microenvironment around the eye, the polyethylene cover reduces tear evaporation and helps maintain corneal hydration (Niemi et al., 2020). In the study by Niemi et al. (2020), implementation of a dynamic eye care protocol incorporating a polyethylene cover and regular fluorescein assessment reduced the incidence of ocular surface disorders to as low as 8.6%, a rate markedly lower than those reported for other preventive methods. Similarly, Cardozo et al. (2020) reported that the polyethylene cover constituted a key component of a structured eye care protocol implemented in pediatric intensive care units, resulting in a significant reduction in corneal lesions. Collectively, these findings suggest that the polyethylene cover should be regarded not merely as an adjunctive measure but as a central preventive strategy.

6.3. Use of Artificial Tears and Ocular Lubricants

Artificial tears and ophthalmic lubricants are widely used to support ocular surface hydration. However, their effectiveness is highly dependent on application frequency and continuity of care. In sedated pediatric patients, insufficient or irregular application has been shown to limit their ability to prevent corneal dryness (Pech-Lugo et al., 2025). Moreover, evidence suggests that lubricant use alone may be inadequate in preventing exposure

keratopathy in patients with incomplete eyelid closure; therefore, combined use with mechanical closure methods is recommended (Niemi et al., 2020).

6.4. Combined Approaches and Current Evidence

Recent studies emphasize that no single intervention is sufficient for all patients and that combined protocols incorporating moisture chambers, lubricant use, and regular ocular assessment represent the most effective preventive approach. In a quasi-experimental study conducted by Tork et al. (2022), structured eye care protocol training for nurses led to significant improvements in both knowledge and practice, accompanied by a parallel reduction in ocular surface disorders. Pech-Lugo et al. (2025) further highlight that, despite the absence of a universally accepted standard protocol, risk-based and structured approaches significantly reduce both the incidence and recovery time of exposure keratopathy. Notably, the current literature does not provide strong evidence supporting the superiority of any alternative method over the polyethylene cover.

6.5. Implications for Nursing Practice

Intensive care nurses play a pivotal role in the planning, implementation, and evaluation of ocular care. Correct application of the polyethylene cover, continuous monitoring of eyelid integrity, and timely administration of ocular lubricants constitute core components of nursing practice in pediatric intensive care units (Tork et al., 2022). In this context, adoption of evidence-based protocols and enhancement of nurses' competence in ocular care should be regarded as critical strategies for preventing ocular complications in pediatric intensive care settings (Cardozo et al., 2020; Niemi et al., 2020).

7. Assessment and Diagnosis of Ocular Complications: The Nursing Role

Early identification of ocular complications in pediatric intensive care units is critical for preventing irreversible visual impairment. Interventions such as sedation, mechanical ventilation, and neuromuscular blockade suppress protective ocular mechanisms in pediatric patients, thereby facilitating rapid development of ocular surface injury. For this reason, systematic ocular assessment should be regarded as an integral component of routine intensive care practice (Niemi et al., 2020; Pech-Lugo et al., 2025). Clinical assessment of the ocular surface should include evaluation of eyelid closure, tear presence, conjunctival edema (chemosis), corneal integrity, and signs of infection. The literature consistently identifies lagophthalmos as one of the strongest predictors of exposure keratopathy (Pech-Lugo et al.,

2025). Niemi et al. (2020) emphasized that failure to regularly monitor eyelid closure may result in ocular surface disorders being overlooked. By observing eyelid integrity and degree of closure during each shift, nurses can identify high-risk patients at an early stage. This approach is considered a fundamental step in preventing the progression of advanced corneal lesions (Tork et al., 2022). Although various classification systems are available for assessing lagophthalmos, scales based on the degree of eyelid opening are most commonly used in clinical practice. In the study by Pech-Lugo et al. (2025), eyelid closure was evaluated using a five-point scale, and the presence of lagophthalmos was associated with a 13-fold increase in the risk of developing exposure keratopathy. Application of such scales does not require advanced ophthalmic equipment and can be performed safely by nurses when appropriate training is provided. This reinforces the role of nurses not only as care providers but also as key clinical risk assessors within the intensive care team (Tork et al., 2022).

Fluorescein staining is widely regarded as one of the gold-standard methods for evaluating corneal epithelial integrity. This technique enables early detection of microerosions and abrasions on the corneal surface. Niemi et al. (2020) reported that regular fluorescein-based corneal examinations incorporated into a dynamic eye care protocol in the PICU were effective in preventing progression of ocular surface disorders. When conducted within an appropriate training framework and protocol, fluorescein application represents an assessment method that can be performed by nurses. Vilchez-Rodriguez et al. (2025) demonstrated that nurse-led fluorescein screening facilitated early diagnosis and enabled more targeted ophthalmology consultations. Although the Schirmer test allows quantitative assessment of tear production, its applicability in pediatric intensive care settings is limited. In sedated children, the test may be poorly tolerated, and results may not accurately reflect the clinical condition of the ocular surface. Consequently, the literature suggests that the Schirmer test should be considered a supportive rather than a routine assessment tool in PICUs (Pech-Lugo et al., 2025). In contrast, clinical observation of tear presence and ocular surface moisture is more feasible and sustainable within nursing practice (Tork et al., 2022).

Current evidence highlights the central role of intensive care nurses in the early diagnosis of ocular complications. Cardozo et al. (2020) reported a significant reduction in corneal lesions following implementation of nurse-focused education and structured assessment protocols. Regular assessment by nurses, systematic documentation of findings, and timely referral in high-risk situations enhance the effectiveness of multidisciplinary care. In this context, integration of ocular assessment competencies into nursing

education programs represents a key strategy for improving patient safety in pediatric intensive care units (Tork et al., 2022; Niemi et al., 2020).

8. The Relationship Between NANDA-I, NIC, and NOC in Eye Care in Pediatric Intensive Care Units

Preservation of ocular surface integrity in children admitted to intensive care units represents a fundamental responsibility of nursing care. Considering factors such as sedation, mechanical ventilation, neuromuscular blockade, reduced level of consciousness, and lagophthalmos, a structured and standardized approach to eye care is essential in this patient population. Within this framework, NANDA-I nursing diagnoses, Nursing Interventions Classification (NIC) interventions, and Nursing Outcomes Classification (NOC) outcomes enable systematic and evidence-based planning, implementation, and evaluation of ocular care.

In the NANDA-I 2024–2026 classification, the nursing diagnoses directly associated with ocular complications in pediatric intensive care patients include the following:

- **Risk for Dry Eye:** Refers to the risk of ocular surface dryness associated with decreased tear production, suppression of the blink reflex, and inadequate eyelid closure.
- **Risk for Corneal Injury:** Describes the risk of disruption to corneal epithelial integrity resulting from lagophthalmos, mechanical ventilation, sedation, and exposure of the ocular surface to environmental factors.
- **Risk for Impaired Tissue Integrity:** A diagnosis applicable to tissues at risk of damage due to pressure, dryness, and infection, including the ocular surface and cornea.

These diagnoses constitute the foundation for preventive nursing approaches to eye care in pediatric intensive care settings (Herdman et al., 2024).

Within the NIC classification, the primary interventions directly related to the diagnoses outlined above and included in recent editions are as follows (Bulechek et al., 2023):

- **Eye Care:** Encompasses regular assessment of the eyes, observation of eyelid closure, cleansing of secretions, and monitoring for signs of infection.

- **Dry Eye Prevention:** Includes interventions aimed at maintaining ocular surface hydration, appropriate use of lubricants, and reduction of environmental dryness.
- **Risk Prevention: Dry Eye:** Focuses on early identification of risk factors for dry eye development and systematic implementation of preventive care measures.
- **Eye Irrigation:** Involves cleansing of the ocular surface with sterile solutions when indicated to remove irritants and secretions.

When implemented in combination with preventive strategies such as polyethylene cover (moisture chamber) application, artificial tear use, and eyelid closure techniques, these interventions have been shown to be effective in reducing corneal damage. In the study by Niemi et al. (2020), implementation of a structured NIC-based eye care protocol reduced the incidence of ocular surface disorders from 15% to 8.6%. Similarly, Tork et al. (2022) demonstrated that nurse education combined with protocol-based practice significantly decreased corneal injury rates.

The effectiveness of NIC interventions is monitored and evaluated through NOC outcomes. Key NOC indicators related to eye care in pediatric intensive care units include:

- **Dry Eye Severity:** Allows assessment of the clinical severity of ocular surface dryness and monitoring of changes throughout the care process.
- **Risk Control: Dry Eye:** Evaluates the effectiveness of implemented nursing interventions in preventing the development of dry eye.
- **Tissue Integrity: Skin and Mucous Membranes:** Assesses preservation of mucosal integrity, including the cornea and conjunctiva.

Cardozo et al. (2020) reported that nursing care monitored using NOC indicators was effective and sustainable in protecting ocular health in pediatric intensive care settings.

Integrated use of NANDA-I, NIC, and NOC classifications ensures that eye care in pediatric intensive care units is delivered as a structured, measurable, and systematic process rather than as an incidental aspect of care. The literature consistently demonstrates that nurse-led protocols and standardized care approaches significantly reduce both the incidence and severity of ocular surface disorders (Moorhead et al., 2023; Niemi et al., 2020; Vilchez-Rodriguez et al., 2025; Tork et al., 2022). In this context, planning eye care based on NANDA-I diagnoses, implementing appropriate

NIC interventions, and evaluating outcomes using NOC indicators emerges as a key strategy for enhancing patient safety and improving quality of care in pediatric intensive care units.

9. The Role of Nurses, Education, and the Importance of Standardized Protocols

Nurses play a pivotal role in the prevention and early detection of ocular complications in children admitted to pediatric intensive care units. Due to mechanical ventilation, deep sedation, neuromuscular blockade, and altered levels of consciousness, these patients are often deprived of protective ocular reflexes. Consequently, assessment, protection, and ongoing monitoring of the ocular surface largely fall within the scope of nursing care (Niemi et al., 2020; Tork et al., 2022). During routine care activities, nurses are uniquely positioned to regularly evaluate parameters such as eyelid closure, conjunctival hyperemia, ocular dryness, presence of secretions, and corneal integrity. Use of structured risk assessment tools enables early identification of high-risk patients and timely initiation of appropriate preventive interventions (Vilchez-Rodriguez et al., 2025). This approach allows ocular complications to be controlled before reaching advanced stages, thereby reducing the need for ophthalmology consultation and minimizing the risk of permanent damage.

The literature demonstrates that structured educational programs for nurses significantly improve the quality of eye care practices. Quasi-experimental studies conducted in pediatric intensive care settings report that theoretical and practical eye care training leads to improvements in nurses' knowledge and skills, increased adherence to protocols, and a reduction in the incidence of keratopathy (Tork et al., 2022). Similarly, Sevgi et al. (2024) showed that implementation of a quality improvement program combining nurse education, visual reminders, and digital documentation systems resulted in substantial standardization of eye care practices within the intensive care unit. Development and implementation of standardized eye care protocols ensure that care is delivered in an evidence-based manner rather than being dependent on individual experience. Although national and international guidelines include recommendations for ocular care, these guidelines are often insufficiently translated into routine clinical practice (Sevgi et al., 2024). Integration of protocols into electronic health record systems facilitates systematic documentation of assessments and interventions, thereby enhancing traceability and continuity of care. Quality improvement initiatives—particularly those employing systematic methods such as the Plan–Do–Study–Act (PDSA) cycle—have been shown

to support sustainable improvements in eye care practices. When led by nurses, such initiatives enhance team awareness and strengthen patient safety culture (Sevgi et al., 2024). Given that ocular complications in pediatric intensive care patients may affect long-term visual function and quality of life, the preventive role of nursing care in this domain becomes even more critical (Pech-Lugo et al., 2025). In summary, preservation of ocular health in critically ill children requires an approach in which nurses take an active role, supported by education and structured through standardized protocols. This approach should be regarded as a fundamental patient safety strategy for reducing preventable ocular complications.

10. Conclusion and Recommendations

Children admitted to pediatric intensive care units represent a highly vulnerable population with respect to ocular surface disorders due to multiple risk factors, including mechanical ventilation, sedation, neuromuscular blockade, decreased level of consciousness, and prolonged hospitalization. High incidence rates reported in the literature indicate that exposure keratopathy and related corneal injuries constitute a clinically significant patient safety concern that should not be overlooked (Niemi et al., 2020; Pech-Lugo et al., 2025). The studies reviewed in this chapter consistently demonstrate that ocular complications are largely preventable and that systematic eye care interventions implemented at an early stage significantly reduce both lesion development and recovery time. In particular, early identification of lagophthalmos, combined with appropriate humidification and mechanical protection strategies, emerges as a cornerstone for preserving ocular health in pediatric intensive care patients (Vilchez et al., 2024; Vilchez-Rodriguez et al., 2025).

Evidence-based findings indicate that application of a polyethylene cover (moisture chamber) provides more effective protection of the ocular surface compared with other methods and offers longer-lasting and more stable hydration than lubricant drops used alone (Niemi et al., 2020; Tork et al., 2022). Nevertheless, individualized assessment of each patient's risk profile remains essential, and preventive interventions should be tailored accordingly. Within this framework, the role of nursing care is decisive. By integrating ocular assessment into routine daily care, nurses can identify at-risk patients at an early stage and initiate appropriate interventions in a timely manner. Nursing diagnoses such as Risk for Dry Eye and Risk for Corneal Injury, included in the NANDA-I 2024–2026 classification, provide a structured basis for systematic management of ocular health in pediatric intensive care patients. Corresponding NIC interventions—such as Eye Care and Dry

Eye Prevention—and NOC outcomes—including Risk Control: Dry Eye and Dry Eye Severity—offer a robust framework for standardizing and evaluating nursing care (NANDA-I, 2024–2026; NIC; NOC; University of Iowa, 2024). Furthermore, structured educational programs for nurses and implementation of standardized eye care protocols have been shown to increase knowledge levels, promote consistency in practice, and reduce the incidence of ocular complications (Herdman et al., 2024; Tork et al., 2022; Sevgi et al., 2024). These findings underscore that eye care should not be left to individual initiative but should instead be embedded within an institutional approach supported by protocols, checklists, and ongoing education. In conclusion, preservation of ocular health in pediatric intensive care units is achievable through evidence-based and standardized care approaches implemented within a multidisciplinary framework and led primarily by nurses. Future multicenter and long-term studies are warranted to further elucidate the impact of these interventions on visual outcomes and quality of life. Nevertheless, current evidence clearly establishes ocular care as a fundamental and indispensable component of pediatric intensive care nursing practice.

References

1. Herdman, T. H., Kamitsuru, S., & Lopes, C. T. (Eds.). (2024). *NANDA International nursing diagnoses: Definitions & classification 2024–2026* (13th ed.). Thieme Medical Publishers..
2. Moorhead, S., Swanson, E., & Johnson, M. (2023). *Nursing outcomes classification (NOC): Measurement of health outcomes* (7th ed.). Elsevier.
3. Bulechek, G. M., Butcher, H. K., Dochterman, J. M., & Wagner, C. M. (2024). *Nursing interventions classification (NIC)* (8th ed.). Elsevier.
4. University of Iowa, College of Nursing, Center for Nursing Classification and Clinical Effectiveness. (2024). NIC & NOC fact sheet. <https://nursing.uiowa.edu/cncce/facts>
5. Wagner, C. M., Butcher, H. K., & Clarke, M. F. (2023). *Nursing interventions classification (NIC)* (8th ed.). Elsevier.
6. Cardozo, O., Paredes, M., Zaracho, Y., & Godoy, L. (2020). Impacto de una intervención sanitaria en los cuidados oculares en pacientes de la unidad de cuidados intensivos pediátricos. *Pediatría (Asunción)*, 47(3), 145–150. <https://doi.org/10.31698/ped.47032020005>
7. Niemi, A., Geddie, B. E., Rajasekaran, S., Davis, A. T., VanDenBosch, N., Steenland, C., & Winters, J. W. (2020). Ocular surface disease in a PICU: Incidence and outcomes with a dynamic eye care protocol. *Pediatric Critical Care Medicine*, 21(4), 357–362. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000002200>
8. Pech-Lugo, R. A., Vázquez-Cerón, A., Segura-López, F. K., & Dávila-Carmargo, A. (2025). Frequency, risk factors and time to resolution of exposure keratopathy in patients in the Pediatric Intensive Care Unit. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología (English Edition)*, 100(1), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.of tale.2024.10.011>
9. Sevgi, M., Monachello, E., Yates, M., Lockington, D., & Cowan, R. (2024). Improving eye care in an intensive care unit. *Journal of the Intensive Care Society*, 25(3), 346–349. <https://doi.org/10.1177/17511437241228587>
10. Tork, H. M., Mohamed, R. A. E.-G., Elaasar, H. N., & El-Said, R. R. (2022). Effect of designed eye care protocol on nurses' knowledge and practices regarding prevention of ocular surface disorders among sedated and intubated children at pediatric intensive care unit. *American Journal of Nursing Research*, 10(2), 46–57. <https://doi.org/10.12691/ajnr-10-2-2>
11. Vilchez-Rodriguez, B., Marcos-López, M., Manzanal-Martín, I., González-Navarro, P., & López-Herce, J. (2025). Modification of an eye injury risk scale for critically ill children. *Enfermería Intensiva (English Edition)*, 36(1), 100495. <https://doi.org/10.1016/j.enfie.2025.100495>
12. Wan, K., Lau, K. H., Wong, H. Y., et al. (2024). Fostering holistic eye care for children with special educational needs: An interprofessional education program bridging optometry and education. *BMC Medical Education*, 24, 1340. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06350-w>

Yapay Zeka Destekli Bakım ve Beslenme Uygulamaları

Ertuğrul Sarı¹

İlyas Ün²

Özet

Bilim ve teknolojiye yaşanan hızlı gelişmeler, sağlık hizmetlerinde önemli bir dönüşümü beraberinde getirmiş; özellikle yapay zekâ (YZ) destekli uygulamalar sağlık bakım süreçlerinin yeniden yapılandırılmasında belirleyici bir rol üstlenmiştir. Yapay zekâ, klinik karar verme süreçlerini destekleyen, bireylerin sağlıkla ilişkili davranışlarını izleyen ve bakım hizmetlerini daha etkin hale getiren çok boyutlu bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Sağlık profesyonellerine erken tanı, risk değerlendirmesi, tedavi planlaması ve bakım yönetimi gibi alanlarda hızlı ve kanıta dayalı kararlar alma olanağı sunan YZ sistemleri, hata oranlarını azaltarak hasta güvenliği ve bakım kalitesini artırmaktadır. Klinik karar destek sistemleri, erken uyarı mekanizmaları, robotik hemşirelik uygulamaları ve giyilebilir teknolojiler, YZ'nin sağlık bakımındaki başlıca kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra YZ, yalnızca klinik süreçlerde değil, beslenme yönetimi ve metabolik durumun izlenmesinde de etkin biçimde kullanılmaktadır. Akıllı sensörler, mobil uygulamalar ve giyilebilir cihazlar aracılığıyla bireylerin besin alımı, fiziksel aktivite düzeyi ve fizyolojik parametreleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte; görüntü tanıma ve makine öğrenimi algoritmaları sayesinde besin türleri, porsiyon boyutları ve kalori içeriği objektif biçimde değerlendirilebilmektedir. YZ tabanlı beslenme ve bakım sistemleri, obezite, diyabet, kalp-damar hastalıkları ve malnütrisyon gibi sağlık sorunlarının önlenmesi ve yönetiminde önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle yaşlılar ve kronik hastalığı olan bireyler için kişiselleştirilmiş bakım ve beslenme planlarının oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, YZ destekli

- 1 Öğr. Gör., Trabzon Üniversitesi, Tonya Meslek Yüksekokulu, Sağlık Bakım Hizmetleri Bölümü, ertugrulsari@trabzon.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1408-7915
- 2 Öğr. Gör. Dr., Trabzon Üniversitesi, Tonya Meslek Yüksekokulu, Sağlık Bakım Hizmetleri Bölümü, ilyasun@trabzon.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6561-8886

bakım ve beslenme uygulamaları, birey merkezli ve kanıta dayalı sağlık hizmetlerinin etkinliğini ve sürdürülebilirliğini artıran stratejik bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmektedir.

Giriş

Bilim ve teknolojiadaki hızlı ilerlemeler, sağlık alanında köklü bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Özellikle yapay zekâ (YZ) destekli sistemlerin sağlık hizmetlerine entegrasyonu, hasta bakım süreçlerinin verimliliğini, doğruluğunu ve sürdürülebilirliğini artıran önemli bir yenilik olarak değerlendirilmektedir. John McCarthy tarafından “zeki makineler yapma bilimi ve mühendisliği” olarak tanımlanan yapay zekâ, günümüzde sağlık hizmetlerinde hem klinik karar verme süreçlerini destekleyen hem de bireylerin yaşam tarzı davranışlarını izleyen çok boyutlu bir teknoloji haline gelmiştir.

YZ teknolojileri, sağlık profesyonellerinin hastalıkların erken tanısı, risk değerlendirmesi, tedavi planlaması ve bakım yönetimi süreçlerinde daha hızlı ve kanıta dayalı kararlar almasını sağlamaktadır. Özellikle sağlık bakım uygulamalarında YZ; klinik karar destek sistemleri, erken uyarı sistemleri, robotik hemşirelik uygulamaları ve giyilebilir teknolojiler aracılığıyla bakımın etkinliğini artırmaktadır. Bu sistemler hata oranlarını düşürmekte, aynı zamanda hasta güvenliği ve bakım kalitesini geliştirmektedir.

YZ yalnızca tıbbi karar ve bakım süreçlerinde değil, bireylerin beslenme yönetimi ve metabolik durum takibinde de etkin biçimde kullanılmaktadır. Akıllı sensörler, mobil uygulamalar ve giyilebilir cihazlar aracılığıyla bireylerin kalori alımı, hidrasyon düzeyi, fiziksel aktivite miktarı ve fizyolojik parametreleri gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Beslenme değerlendirmesi kapsamında YZ temelli görüntü tanıma özelliği ile besin maddeleri tanımlanır ve kalori hesabı yapılabilir. Ayrıca daha gelişmiş makine öğrenimi algoritmaları, yemek fotoğraflarını analiz edebilir, porsiyon boyutları ve besin içeriği hakkında objektif değerlendirmeler sağlayabilir.

YZ tabanlı beslenme sistemleri, klinik değerlendirmelere destek olarak, obezite, diyabet, kalp-damar hastalıkları ve malnütrisyon gibi durumların önlenmesinde ve yönetiminde önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca, yaşlı bakımında ve kronik hastalığı olan bireylerde, YZ destekli beslenme algoritmaları sayesinde bireyin gereksinimlerine göre özelleştirilmiş bakım planları hazırlanabilmektedir.

Sonuç olarak, YZ destekli bakım ve beslenme uygulamaları; birey merkezli, kanıta dayalı ve çok boyutlu bakım anlayışını dijital ortama taşıyan önemli bir dönüşüm alanıdır. Klinik karar verme süreçlerini destekleyerek,

hasta ve bakım veren eğitimlerini güçlendirerek ve sağlık durumunun sürekli izlenmesini sağlayarak bakım hizmetlerinin etkinliğini ve kalitesini artırmaktadır.

1.Yapay Zeka ve Sağlıkta Kullanımı

Yapay zekâ (YZ) kavramı ilk olarak John McCarthy tarafından “zeki makineler, özellikle de akıllı bilgisayar programları üretme bilimi ve mühendisliği” şeklinde tanımlanmıştır (Ahuja, 2019). Bu tanım, insan zihninin bilişsel işlevlerinin makineler aracılığıyla taklit edilmesini ifade etmektedir. Bilgisayar bilimleri perspektifinden bakıldığında ise YZ, çevresini algılayabilen, belirli hedeflere ulaşma olasılığını artırmak amacıyla uygun eylemleri seçebilen akıllı ajanlar içeren sistemler olarak tanımlanmaktadır (Aitken ve ark., 2002). Sağlık alanında çalışmalar yürüten Fritz ve Dermody, yapay zekâyı “insan davranışlarını zaman içinde analiz edip değerlendirebilen, bu değerlendirmelere dayanarak rasyonel kararlar alabilen bir bilgisayar algoritması” olarak açıklamaktadır (Akalin ve Veranyurt, 2020).

Teknolojik gelişmelerin hız kazanması ve bilgisayarın icadı, YZ üzerine yapılan araştırmaların uygulanabilir hale gelmesini sağlamıştır. Yapay zekâ tarihinin öncüsü olarak kabul edilen McCarthy, 1956 yılında Hannover’de düzenlenen bir konferansta “Artificial Intelligence” kavramını bilim dünyasına kazandırmış, böylece terim literatürde ilk kez kullanılmıştır. 1960’lı yıllardan itibaren yapay zekâ finans, savunma, otomotiv, denetim sistemleri, telekomünikasyon ve bilgisayar oyunları gibi pek çok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. 1970’li yıllara gelindiğinde ise YZ, sağlık hizmetleri alanında da uygulanmaya başlanmış ve sağlık sektöründe önemli bir dönüşüm süreci başlatmıştır (Aşkar ve Kızılkaya, 2006).

Sağlık alanında yapay zekâ, klinik seyir tahmini, hastalıkların ilerleme süreçlerinin değerlendirilmesi, risk faktörlerinden korunma ve hastalık risk puanlarının belirlenmesi gibi çok sayıda analitik öngörünün oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Örneğin, elektronik sağlık kayıtları, hastane tedarik zinciri verileri ve hasta bilgileri kullanılarak geliştirilen YZ algoritmaları, hastaların hastanede kalış sürelerini öngörebilmektedir (Bell ve ark., 2011). YZ tabanlı sistemler ayrıca tıbbi görüntüleme alanında ayırıcı tanının desteklenmesinde, hasta verilerinin akademik kanıtlar, klinik yönergeler ve tedavi planlarıyla bütünleştirilmesinde etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Bloss, 2011). Araştırmalar, YZ temelli algoritmaların ameliyathane organizasyonu, yoğun bakım yataklarının yönetimi ve ilaç tedarik zincirlerinde manuel süreçlerden daha etkin ve doğru sonuçlar sağladığını göstermektedir (Hoşgör ve Güngördü, 2022). Bu durum, bakım süreçlerinin etkinliğini ve verimliliğini

artırmakta, sağlık profesyonellerine karar destek sistemleri sunmaktadır. Akıllı cihazların yaygınlaşması, sanal gerçeklik uygulamalarının gelişmesi ve YZ destekli bakım modellerinin ortaya çıkışı sağlık profesyonelleri ve bireyleri dönüşümsel bir sağlık hizmeti anlayışına hazırlamaktadır (Buhler-Wilkerson ve D'Antonio, 2020).

Yapılan araştırmalar YZ destekli sistemlerin sağlık alanına başarılı bir şekilde entegre edilebilmesi için disiplinler arası iş birliğine dayalı modellerin geliştirilmesinin önemine işaret etmektedir (Gómez-González, 2020). Özellikle sağlık profesyonellerinin yapay zekâ teknolojileri konusunda eğitilmesi, bu sistemlerin klinik ve yönetsel karar süreçlerinde güvenli ve etkin biçimde kullanılabilmesi açısından kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ entegrasyonunun uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından eğitim süreçlerinin sistematik ve sürekli hale getirilmesi temel bir koşul olarak görülmektedir.

Tablo 1. Sağlık sisteminde kullanılan yapay zeka destekli robotlar (Kandemir ve ark., 2023)

Yapay Zekâ ve Robot Teknolojilerinin Adı	Yeteneği (Özgünleştirilmiş)
Da Vinci	Cerrahi süreçlerde hemşirelere yardımcı olarak görev yükünü azaltır ve operasyon sırasında meydana gelebilecek hataları en aza indirir.
Robot Cody	Hastaların kişisel bakımında, özellikle yatak banyosu gibi aktivitelerde destek sağlar. Giyinme zorluğu çeken veya inme geçirmiş bireylerin rehabilitasyonuna katkı sunar. Lazerli mesafe sensörü ve kamerası sayesinde vücudun temizlenmesi gereken bölgelerini tespit edebilir.
Ro-bear	Fiziksel güç gerektiren durumlarda hastaların taşınması ve mobilizasyonunda yardımcı olur.
Pepper	20 farklı dili konuşabilen Pepper, insanların yaş, cinsiyet ve duygusal durumlarını algılayabilir. Hastaların hastane ortamına uyumunu kolaylaştırır, ziyaretçileri karşılayabilir ve onlara eşlik ederek yönlendirme yapabilir.
Robot Nao	Özellikle çocuklar, yaşlılar ve hassas hasta gruplarında tedavi ve bakım süreçlerinde destek sağlar. Rehabilitasyon sürecinde hastaları motive eder, sohbet edebilir ve mizah anlayışıyla iletişim kurabilir.
Robot SAM	Hastane ortamında yön bulma, hasta odalarına belirli zamanlarda girerek bilgi toplama ve hasta durumu hakkında değerlendirme yapma yeteneğine sahiptir. Ayrıca eğitim verme işleviyle hastaların düşme riski açısından da analiz yapılmasını sağlar.
IV Robot RIVA	İntravenöz ilaçların doğru dozda hazırlanması ve uygulanmasını otomatik olarak gerçekleştirebilir. Bu özellik hem hasta güvenliğini artırır hem de ilaç hatalarını ve maliyetleri azaltır.

Robot Sophia	Yüz tanıma, konuşma, ses algılama ve görme gibi ileri düzey yapay zekâ özelliklerine sahiptir.
Robot Grace	COVID-19 pandemisi sırasında sağlık çalışanlarının virüsle temas riskini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. İzole hastalarla iletişim kurabilir, vital bulguları ölçebilir ve böylece hasta bakımında güvenli bir etkileşim sağlar.

1.1. Giyilebilir Teknolojiler

Giyilebilir teknolojiler, vücuda doğrudan yerleştirilebilen ya da kıyafet ve aksesuarların içerisine entegre edilerek taşınabilen elektronik cihazlar olarak tanımlanmaktadır. Bu teknolojiler, biyolojik geri bildirim sağlama ve bireyin psikolojik durumlarını izleme gibi, geleneksel mobil cihazlarda bulunmayan gelişmiş algılama ve takip özelliklerine sahiptir (Thompson ve ark., 2014).

Teknolojik ilerlemeler sayesinde elektronik devrelerin küçülmesi, gündelik yaşamda kullanılan giysi ve aksesuarların sensörlerle donatılarak “akıllı” giyilebilir cihazlara dönüşmesini mümkün kılmıştır. Böylece bu cihazlar hem iletişim kurabilme özelliği kazanmış hem de bireylere ait sağlık verilerinin hızlı bir biçimde aktarılmasına olanak sağlamıştır. Giyilebilir cihazlar, bireylerin fiziksel aktivite düzeylerini izleyerek geri bildirim sunmakta; kullanıcıların kendi sağlık durumlarını takip etmelerine, hedef belirlemelerine, sosyal destek aramalarına ve elde ettikleri verileri analiz etmelerine imkân tanımaktadır (Thompson ve ark., 2014; Cadmus-Bertram ve ark., 2015).

Giyilebilir cihazlar, bireyin fizyolojik durumuna ve hareket aktivitelerine ilişkin verileri gerçek zamanlı olarak izleyip kaydedebilen sistemlerdir. Giyilebilir sensör tabanlı sağlık izleme sistemleri; tekstil elyafları, giysiler veya elastik bantlar içerisine yerleştirilen ya da doğrudan insan vücuduna temas eden esnek sensörlerden oluşabilmektedir. Bu sensörler; elektrokardiyogram (EKG), elektromiyogram (EMG), kalp atım hızı (HR), vücut ısısı, elektrodermal aktivite (EDA), arteriyel oksijen saturasyonu (SpO₂), kan basıncı (BP) ve solunum hızı (RR) gibi çeşitli fizyolojik parametrelerin ölçülmesini sağlar (Pantelopoulos ve Bourbakis, 2010; Nematı ve ark., 2012). Son yıllarda meydana gelen teknolojik gelişmelerle birlikte, giyilebilir sağlık teknolojileri bireylerin sağlık durumlarını izlemelerine olanak tanıyan önemli araçlar hâline gelmiştir. Bu teknolojiler; beslenme düzeninin değerlendirilmesi, fiziksel aktivite ve egzersiz düzeylerinin izlenmesi, kalori alımı ve harcamasının takip edilmesi ile günlük hareketliliğin kontrol altına alınması gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır Sudo ve ark., 2020; Fang ve ark., 2019). Giyilebilir sağlık teknolojilerinin sağlık hizmetlerine

entegrasyonu, sağlık hizmeti maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlarken, bireylerin yaşam kalitesini artırmakta ve kronik sağlık durumlarının daha etkin biçimde yönetilmesine imkân tanımaktadır (Aydan ve Aydan, 2016).

1.2. Klinik Karar Destek Sistemleri

Klinik Karar Destek Sistemleri (KKDS), sağlık profesyonellerinin hastalara ilişkin mevcut bilgileri de kullanarak daha doğru ve bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmak amacıyla geliştirilen bilgisayar tabanlı uygulamalardır. Bu sistemler bağımsız olarak karar verme yeteneğine sahip değildir; ancak klinisyenlerin karar süreçlerine rehberlik ederek destek sağlarlar (Madden ve ark., 2018). KKDS, sağlık personelinin ya da elektronik sağlık kayıtlarından elde edilen verileri analiz ederek değerlendirmelerde bulunur.

KKDS'ler sağlık yöneticileri, hekimler, hemşireler ve diyetisyenler gibi farklı disiplinlerden sağlık profesyonellerinin hastalara ilişkin hızlı ve doğru kararlar alabilmelerine olanak sağlayan yazılım tabanlı sistemlerdir (Zikos ve DeLellis, 2018). Klinik karar destek sistemlerinin kullanımı, tanı ve tedavi süreçlerinde olası yanlış müdahalelerin önüne geçilmesine yardımcı olur, böylece hem maliyetlerin azalmasını hem de tıbbi hata oranlarının düşmesini sağlar. Bu etkiler ile sağlık hizmetlerinin genel kalitesi ve hasta güvenliği düzeyi artar (Akalin ve Veranyurt, 2022; Çiriş Yıldız ve ark., 2020).

KKDS'de en sık kullanılan sistemler aşağıda yer almaktadır (Çelik ve ark., 2022);

- Kritik hastalar uyarı sistemleri
- Reçete yazmaya yardımcı sistemler
- Teşhis odaklı klinik karar destek
- Klinik hastalar yönetim sistemi
- Eczane destek sistemi
- Hemşireler için yardımcı sistemler
- Medikal hataları önleyen sistemler
- İlaç etkileşim sistemleri
- Kanserli Hasta Bakım sistemi
- Acil servis triyaj sistemi

1.3. Erken Uyarı Sistemleri

Erken Uyarı Sistemleri (EUS), hastaların fizyolojik parametrelerinde referans aralıkların dışına çıkan ve klinik bozulmayı işaret eden değişiklikleri algılayarak sağlık çalışanlarını bilgilendiren ve gerekli müdahalenin planlanmasını sağlayan alarm temelli sistemlerdir (Patel ve ark., 2018). Bu sistemler, gelişmiş ülkelerde yaygın biçimde kullanılmakta ve bazı ülkelerde bakım süreçlerine rutin izlem aracı olarak entegre edilmiştir.

Fizyolojik parametrelerdeki değişimlerle mortalite oranları arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu; erken uyarı sistemlerinin kullanımıyla hastalarda klinik bozulmanın erken tanınarak zamanında müdahale edilebildiği belirtilmektedir (Goldhill ve McNarry, 2004).

Sağlık hizmetlerinin temel amacı, hasta güvenliğinin sağlanmasıdır. Hasta güvenliği, bir sağlık hizmetinin kalitesini belirleyen en önemli göstergelerden biri olup, ulusal ve uluslararası düzeyde sağlık kalite standartlarının odağında yer almaktadır. Bu kapsamda kalite süreçlerini değerlendiren çeşitli akreditasyon kuruluşları bulunmaktadır. Türkiye’de en fazla kabul gören uluslararası kuruluşlardan biri Joint Commission International (JCI)’dir (Şahin, 2020). JCI tarafından belirlenen Hasta Güvenliği Hedefleri arasında, etkin iletişimin sağlanması ve hasta güvenliğine yönelik alarm sistemlerinin geliştirilmesi önemli bir yer tutmaktadır (JCI, 2025).

Hastaların klinik durumlarının değerlendirilmesinde çeşitli skorlama sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bu sistemler arasında en yaygın kullanılanlar; APACHE, Early Warning System (EWS), Modified Early Warning Score (MEWS) ve National Early Warning Score (NEWS2)’dir. Bu araçlardan NEWS2, hastane içi mortalite riskinin tahmininde kullanılan, uygulaması kolay, hızlı ve güvenilir bir skorlama sistemidir (Lee ve ark., 2018). NEWS2, İngiltere’de klinik uygulamalarda zorunlu bir değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır (Smith ve ark., 2019). Literatürde yapılan çalışmalar, NEWS2 Skalası’nın, hastalık şiddeti ve mortaliteyi öngörme konusunda diğer klinik skorlama sistemlerine kıyasla daha yüksek doğruluk ve etkinlik sağladığını ortaya koymaktadır (Myrstad ve ark., 2020).

2. Beslenme, Teknoloji ve Yapay Zeka İlişkisi

Beslenme; diyet, sağlık ve hastalık arasındaki bağlantıyı inceleyen karmaşık bir alandır (Ross ve ark., 2020). Özünde, beslenmede yer alan fizyolojik ve kimyasal süreçleri ve besin maddelerinin nasıl enerji sağladığını veya vücut dokularına nasıl dönüştürüldüğünü inceler (Whitney ve ark., 2019). Bu süreçler yaşam için hayati önem taşır ve genel sağlığı, fiziksel gelişimi ve hastalıkların önlenmesini etkiler. Çoğu beslenmeyle ilişkili olan ve bulaşıcı

olmayan hastalıkların küresel yükünün, halk sağlığı açısından önemli olduğu belirtilmektedir (Melaku ve ark., 2016). Beslenme, bu sorunları anlamak ve çözümler geliştirmek için temel ilkeler sağlar. Hastalıkları önlemenin yanı sıra, beslenme çeşitli sağlık sorunlarının tedavisinde ve yönetiminde de önemli bir rol oynar (Awuchi ve ark., 2020). Amerikan Diyabet Derneği'nin 2020 tarihli bir raporuna göre, diyabet gibi hastalıklarla mücadelede önemli bir rol oynayan tıbbi beslenme tedavisi, beslenme bilimi ilkelerine dayanmaktadır (Goyal ve ark., 2020).

Halk sağlığı beslenmesi, sağlığın iyileştirilmesi ve hastalıkların önlenmesi gibi genel alanlarda önemli bir konuma sahiptir ve bireysel düzeyde yoğunlaşan beslenme araştırmalarından ayrılır. Bireysel beslenme araştırmaları, bireylerin beslenme ihtiyaçlarının, metabolik tepkilerin ve genetik yatkınlıkların nüanslarını derinlemesine incelerken, halk sağlığı beslenmesi tüm popülasyonların beslenme davranışlarını anlamayı ve etkilemeyi amaçlar (An & Wang, 2023). Giderek küreselleşen bir dünyada, besin alımlarını büyük ölçekte doğru bir şekilde ölçmenin zorlukları da yenilikçi metodolojiler ve araçlarla ele alınmaktadır (Davies ve ark., 2021; Thomas ve ark., 2022). Bu çabaların ortak amacı yalnızca bireylerin sağlıklı beslenmesini sağlamak değil, aynı zamanda herkes için daha sağlıklı seçimlerin daha kolay hale geldiği bir ortam yaratmaktır.

Günümüzde tıbbi teknoloji sektörünün yükselişi ile birlikte, beslenme için benzer temel teknolojilerin uygulanmasına yönelik ilgi artmıştır. Bu teknolojiler, beslenmeyi optimize etme fırsatı sunar; çünkü besin alımı hakkında bilgi alma, diyetin kişi ve sağlığı bağlamında yorumlanması ve pratik geri bildirim üretme yeteneği, klinik beslenmenin önemli özelliklerindendir. Klinik uygulamaya entegrasyon; diyet alımını izlemek için mobil uygulamaların kullanımından, destekleyici verileri toplamak için giyilebilir teknolojilerin kullanımına, parenteral beslenme için karar destek araçlarının geliştirilmesine ve beslenmenin uzaktan değerlendirilmesi için teletıp kullanımına kadar uzanabilir (Limketkai ve ark., 2021). Diğer taraftan YZ, son yıllarda kabiliyet ve benimsenme açısından benzeri görülmemiş bir ivme kazanmıştır. Makine öğrenimi algoritmalarındaki yenilikler ve hesaplama gücündeki katlanarak artan büyümenin etkisiyle ortaya çıkan bu hızlı ilerleme, sayısız insan faaliyetine ve sosyal sektöre nüfuz etmiş ve onları yeniden şekillendirmiştir (Russell ve Norvig, 2010). Halk sağlığı ve beslenme alanında, yapay zekanın potansiyeli çeşitli yenilikçi yollarla hayata geçiriliyor. Yapay zeka algoritmaları, gıda ortamlarının haritalandırılması ve analizinde, besleyici gıdalara erişimin sınırlı olduğu, genellikle “besin çölü” olarak adlandırılan alanların belirlenmesinde etkili olmuştur (Sigalo ve ark., 2022).

2.1. Mobil Uygulamalar

Mobil sağlık uygulamaları, sağlık tesisi dışında hasta katılımını, veri toplamayı ve sonuçların uzaktan izlenmesini artırmak için bir fırsat sunmaktadır. Şu anda önde gelen alanlarda sağlık yönetimi ve hastalık yönetimi sunan tahmini 165.000 adet kamuya açık mobil sağlık uygulaması bulunmaktadır (Kao ve Liebovitz, 2017). Sağlık verilerini izlemek için mobil uygulama kullanımı bu nedenle büyüyen bir alan ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki cep telefonu kullanıcıları arasında yapılan anketler, cep telefonu kullanıcılarının %58'inin cihazlarına sağlıkla ilgili bir uygulama indirdiğini göstermektedir (Krebs ve Duncan, 2015). Ayrıca diyetisyenlerin yaklaşık %83'ü muayenecilerinde mobil uygulama kullandıkları bildirilmektedir (Sauceda ve ark., 2016).

Diyet ve kilo vermeye odaklanan uygulamalar yaygın olarak kullanılmaktadır ve şu anda diyet ve kilo verme için 10.000'den fazla uygulamanın mevcut olduğu tahmin edilmektedir (Azar ve ark., 2013). Kilo verme amaçlı mobil uygulamaları değerlendiren çalışmaların 2015 tarihli sistematik incelemesi ve meta-analizi, mobil uygulama kullanıcıları arasında beden kitle indeksinde (BKİ) ortalama 0,43 kg/m²'lik bir azalma olduğunu ve kullanıcıların sağlık müdahaleleri hakkında daha sürekli geri bildirimlerden faydalanabileceğini göstermiştir (Flores Mateo ve ark., 2015).

Son yıllarda akıllı telefonların yaygınlaşması ve sağlık ve esenliğe olan ilginin artması, çok sayıda beslenme uygulamasının geliştirilmesine yol açmıştır. Geliştirilen beslenme uygulamaları, daha sağlıklı yaşam tarzları benimsemeye ve beslenme alışkanlıklarını iyileştirmeye çalışan bireyler için değerli araçlar haline geldi. En dikkat çekici beslenme uygulamalarından bazıları konunun devamında açıklanmıştır.

2.1.1. MyFitnessPal:

MyFitnessPal uygulaması, geniş bir kullanıcı kitlesine sahip en popüler beslenme uygulamalarından biridir. Her yıl yaklaşık 1 milyon üyenin beslenme ve fitness hedeflerine ulaşmasına yardımcı olan en iyi kilo verme ve egzersiz uygulamalarından biridir. Üyeler uygulamayı yediklerini kaydetmek, kalori takibi ve kalori sayacı olarak kullanır ve 14 milyondan fazla yiyecek içeren uygulamanın yiyecek veritabanından yararlanır. Uygulama ayrıca fitness takibi desteği de sağlar. Fitness profiline bağlı olarak, kilo verme (veya alma) hedeflerinize ulaşmanız için günlük bir net kalori hedefi önerilir. MyFitnessPal, yiyeceklerden tükettiğiniz ve egzersizle yaktığınız kalori miktarını hesaplayacak ve gün içinde ne kadar kalori tüketmeniz gerektiğini

size bildirir. Kalori limitleriniz dahilinde kalırsanız, hedeflediğiniz kilo kaybına (veya alımına) ulaşabilirsiniz (MyFitnessPal).

2.1.2. Lose It!:

Lose It!, kilo verme ve sağlıklı beslenmeye odaklanan, yaygın olarak kullanılan bir diğer beslenme uygulamasıdır. Kişiselleştirilmiş hedefler belirleme olanağıyla birlikte, yiyecek ve egzersiz kaydı için basit ve kullanıcı dostu bir arayüz sunar. Lose It!, kilo vermek için her gün hedeflemeniz gereken bir kalori hedefi verir. Kalori miktarı, aktivite seviyenize, vücut kompozisyonunuza ve genel hedeflerinize bağlı olacaktır (Kessler, 2023).

2.1.3. Noom:

Günümüzde kilo vermeye yönelik önerilen birçok diyetin temelinde enerji, karbonhidrat, şeker veya yağ gibi belirli öğeleri azaltma yer alırken, Noom uygulaması farklı bir yol izlemektedir. Noom, yeme alışkanlıklarınızı daha iyi hale getirmek için psikoloji temelli bir yaklaşım kullanan bir kilo verme uygulamasıdır (WebMD). Web sitesine göre Noom, “sadece nasıl yediğinizi değil, nasıl düşündüğünüzü de değiştirmenize yardımcı olmak için” teknolojiyi kullanır. Noom uygulamasının sunduğu sağlıklı kilo programı; beslenme, egzersiz ve ruh sağlığı unsurlarını içeren kapsamlı bir sağlıklı yaşam planıdır. Öncelikli odak noktası, davranışları dönüştürerek kalıcı kilo kaybına ve uzun vadede başarılı bir kilo korumasına yol açmaktır (Noom).

2.1.4. Kronometre:

Kronometre (“kron”, “optimal beslenmeyle kalori kısıtlaması” anlamına gelir), bireyler için bir uygulama ve sağlık profesyonellerinin hastaları yönetmelerine yardımcı olmak için ayrı bir profesyonel sürüm sunar. Uygulama, kullanıcıları daha sağlıklı beslenme alışkanlıkları geliştirmeye teşvik etmek amacıyla kalorilerin, mikro ve makro besin öğelerinin kolayca izlenmesini sağlar. Çalışma prensibinde, bireyin ilk olarak beslenme hedefini belirlemesi gerekir. Cronometer, yerleşik bir beslenme hedefi sihirbazıyla birlikte gelir. Vücut bilgilerini (yaş, kilo, boy ve cinsiyet) söylemek gereklidir; vücudun sağlıklı kalması için ihtiyaç duyduğu tüm vitamin ve mineraller için önerilen minimum günlük değerleri otomatik olarak ayarlayacaktır. Cronometer’da kilo verme hedefi belirlenmelidir. Cronometer, bu hedefe ulaşmak için önerilen günlük kalori ihtiyacını belirleyecektir. Diğer taraftan günlük egzersiz yapılmasını da teşvik eder. Kilo vermeye çalışırken egzersizin iki önemli amacı vardır. İlk olarak, kalori yakar, bu nedenle kalori açığının bir kısmını kapatmanıza yardımcı olabilir. İkincisi ise, hiç egzersiz yapmaz ve

kalori açığı vererseniz, vücudunuz yağ yerine kas yakabilir. Günlük az miktarda egzersiz, kaslarınızı uyarmalı ve kas kaybını önlemelidir (Cronometer).

Sonuç

Yapay zekâ destekli bakım ve beslenme uygulamaları; bireyin gereksinimlerini merkeze alan, kanıta dayalı ve bütüncül bir yaklaşımın sağlık hizmetlerine entegrasyonunu güçlendirmektedir. Klinik karar verme ve bakım yönetimi süreçlerini desteklemenin yanı sıra, beslenme durumunun izlenmesi, değerlendirilmesi ve bireye özgü planlanmasına olanak tanıyarak koruyucu ve tedavi edici hizmetlerin etkinliğini artırmaktadır. Bu doğrultuda YZ temelli sistemler, bakımın sürekliliğini ve kalitesini geliştirerek sağlık hizmetlerinde sürdürülebilir ve yenilikçi bir dönüşüme katkı sunmaktadır.

Kaynaklar

- Ahuja, A. S. (2019). The impact of artificial intelligence in medicine on the future role of the physician. *PeerJ*, 7, e7702.
- Aitken, R., Faulkner, R., Bucknall, T., & Parker, J. (2002). Aspects of nursing education: The types of skills and knowledge required to meet the changing needs of the labour force involved in nursing—Literature reviews. National Review of Nursing Education Australia. <https://www.voced.edu.au/content/ngv%3A12374>
- Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2020). Sağlıkta dijitalleşme ve yapay zekâ. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*, 2(2), 128–137.
- Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2022). Sağlık bilimlerinde yapay zekâ tabanlı klinik karar destek sistemleri. *Gevher Nesibe Journal of Medical and Health Sciences*, 7(18), 64–73.
- An, R., & Wang, X. (2023). Artificial intelligence applications to public health nutrition. *Nutrients*, 15(19), 4285.
- Aşkar, P., & Kızılkaya, G. (2006). Eğitim yazılımlarında eğitsel yardımcı kullanımı: Eğitsel ajan. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(31), 25–31.
- Awuchi, C. G., Igwe, V. S., & Amagwula, I. O. (2020). Nutritional diseases and nutrient toxicities: A systematic review. *International Journal of Advanced Academic Research*, 6, 1–46.
- Aydan, S., & Aydan, M. (2016). Sağlık hizmetlerinde bireysel ölçüm ve giyilebilir teknoloji: Olası katkıları, güncel durum ve öneriler. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19(3), 325–342.
- Azar, K. M., Lesser, L. I., Laing, B. Y., Stephens, J., Aurora, M. S., Burke, L. E., & Palaniappan, L. P. (2013). Mobile applications for weight management: Theory-based content analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(5), 583–589.
- Bell, R. M., Fann, S. A., Morrison, J. E., & Lisk, J. R. (2011). Determining personal talents and behavioral styles of applicants to surgical training. *Journal of Surgical Education*, 68(6), 534–541.
- Bloss, R. (2011). Mobile hospital robots cure numerous logistic needs. *Industrial Robot*, 38(6), 567–571.
- Buhler-Wilkerson, K., & D'Antonio, P. (2020). History of nursing. *Britannica*. <https://www.britannica.com/science/nursing>
- Cadmus-Bertram, L. A., Marcus, B. H., Patterson, R. E., Parker, B. A., & Morey, B. L. (2015). Randomized trial of a Fitbit-based physical activity intervention for women. *American Journal of Preventive Medicine*, 49(3), 414–418.

- Cronometer. (n.d.). *Cronometer*. <https://cronometer.com/> (Erişim tarihi: 12 Aralık 2025).
- Çelik, M., Güneş, D., Akbaş, G., & Özkan, A. (2022). Hemşirelikte klinik karar destek sistemleri kullanımı: Dr. Siyami Ersek Hastanesi örneği. *Cardio-vascular and Perfusion and Nursing*, 1(1), 10–19.
- Çiriş Yıldız, C., Başbüyük, M., & Yıldırım, D. (2020). Klinik karar destek sistemlerinin hemşirelikte kullanımı. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi, 8(2), 483–495.
- Davies, T., Louie, J. C. Y., Scapin, T., Pettigrew, S., Wu, J. H., Marklund, M., & Coyle, D. H. (2021). An innovative machine learning approach to predict dietary fiber content of packaged foods. *Nutrients*, 13, 3195.
- Fang, S., Shao, Z., Kerr, D. A., Boushey, C. J., & Zhu, F. (2019). An end-to-end image-based automatic food energy estimation technique based on learned energy distribution images: Protocol and methodology. *Nutrients*, 11(4), 877.
- Flores Mateo, G., Granado-Font, E., Ferré-Grau, C., & Montaña-Carreras, X. (2015). Mobile phone apps to promote weight loss and increase physical activity. *Journal of Medical Internet Research*, 17(11), e253.
- Goldhill, D. R., & McNarry, A. F. (2004). Physiological abnormalities in early warning scores and in-hospital mortality. *British Journal of Anaesthesia*, 92(6), 882–884.
- Gómez-González, E., Gomez, E., Márquez-Rivas, J., Guerrero-Claro, M., Fernández-Lizaranzu, I., ... Capitán-Morales, L. (2020). Artificial intelligence in medicine: A review and classification. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2001.09778>
- Goyal, A., Gupta, Y., Singla, R., Kalra, S., & Tandon, N. (2020). ADA Standards of Medical Care 2020 for gestational diabetes mellitus. *Diabetes Therapy*, 11, 1639–1644.
- Hoşgör, H., & Güngördü, H. (2022). Sağlıkta yapay zekânın kullanım alanları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 35, 395–407.
- JCI (Joint Commission International). (2025). International patient safety goals. <https://www.jointcommission.org/en/standards/international-patient-safety-goals>
- Kandemir, F., Azizoğlu, F., & Terzi, B. (2023). Hemşirelikte yapay zekâ ve robot teknolojileri. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, 27(2), 118–127.
- Kao, C. K., & Liebovitz, D. M. (2017). Consumer mobile health apps. *PM&R*, 9(5), S106–S115.
- Kessler, C. C. (2023). Lose It app review: Everything you need to know. *ACTIVE.com*. <https://www.active.com/fitness/articles/lose-it-app-review>

- Krebs, P., & Duncan, D. T. (2015). Health app use among US mobile phone owners. *JMIR mHealth and uHealth*, 3(4), e4924.
- Lee, Y. S., Choi, J. W., Park, Y. H., Chung, C., Park, D. I., Lee, J. E., ... & Moon, J. Y. (2018). Evaluation of the National Early Warning Score. *Journal of Critical Care*, 47, 222–226.
- Limketkai, B. N., Mauldin, K., Manitius, N., Jalilian, L., & Salonen, B. R. (2021). Digital technology in clinical nutrition. *Current Surgery Reports*, 9(7), 20.
- Madden, G. R., Mesner, I. G., Cox, H. L., Mathers, A. J., Lyman, J. A., Sifri, C. D., & Enfield, K. B. (2018). Reduced *C. difficile* tests with CDSS. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 39(6), 737–740.
- Melaku, Y. A., Temesgen, A. M., Deribew, A., Tessema, G. A., Deribe, K., Sahle, B. W., ... Amare, A. T. (2016). Dietary risks & chronic disease in Ethiopia. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13, 122.
- MyFitnessPal. (n.d.). *Calorie tracker & BMR calculator*. <https://www.myfitnesspal.com> (Erişim tarihi: 12 Aralık 2025).
- Myrstad, M., Ihle-Hansen, H., Tveita, A. A., Andersen, E. L., Nygård, S., Tveit, A., & Berge, T. (2020). NEWS2 predicts COVID-19 mortality. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 28, 1–8.
- Nemati, E., Deen, M., & Mondal, T. (2012). A wireless wearable ECG sensor. *IEEE Communications Magazine*, 50, 36–43.
- Noom. (n.d.). *Noom*. <https://www.noom.com/> (Erişim tarihi: 12 Aralık 2025).
- Pantelopoulous, A., & Bourbakis, N. (2010). Wearable sensor-based health monitoring. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics C*, 40, 1–12.
- Patel, R., Nugawela, M. D., Edwards, H. B., Richards, A., Roux, H. L., Pullyblank, A., & Whiting, P. (2018). Early warning scores in prehospital settings. *Resuscitation*, 132, 101–111.
- Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J., & Tucker, K. L. (2020). *Modern nutrition in health and disease*. Jones & Bartlett Learning.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). Artificial intelligence. In M. Hirsch & T. Dunkelberger (Eds.), *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed., pp. 1–29). Pearson Education.
- Sauceda, A., Frederico, C., Pellechia, K., & Starin, D. (2016). Consumer health informatics survey. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(8), 1336–1338.

- Sudo, K., Murasaki, K., Kinebuchi, T., Kimura, S., & Waki, K. (2020). Machine learning-based screening of healthy meals from image analysis: System development and pilot study. *JMIR Formative Research*, 4(10), e18507.
- Şahin, D. (2020). JCI akreditasyonu ve Türkiye’de kalite çalışmaları. *Sağlıkta Kalite ve Akreditasyon Dergisi*, 3(1), 16–26.
- Sigalo, N., St Jean, B., & Frias-Martinez, V. (2022). Using social media to predict food deserts. *JMIR Public Health and Surveillance*, 8, e34285.
- Smith, G., Redfern, O., Pimentel, M., Gerry, S., Collins, G., Malycha, J., & Watkinson, P. (2019). The National Early Warning Score 2. *Clinical Medicine*, 19(3), 260.
- Thomas, D. M., Kleinberg, S., Brown, A. W., Crow, M., Bastian, N. D., Reisweber, N., ... Blaine, R. (2022). AI & ethics in nutrition research. *Nutrition & Diabetes*, 12, 48.
- Thompson, W. G., Kuhle, C. L., Koepp, G. A., McCrady-Spitzer, S. K., & Levine, J. A. (2014). “Go4Life” exercise counseling. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 58(3), 314–319.
- WebMD. (n.d.). Noom for weight loss: Review. <https://www.webmd.com/diet/a-z/noom-diet> (Erişim tarihi: 12 Aralık 2025).
- Whitney, E. N., Rolfes, S. R., Crowe, T., & Walsh, A. (2019). *Understanding nutrition*. Cengage.

Sporcularda Egzersize Bağlı Oksidatif Stresin Önlenmesinde Üzüm Suyu ve Üzümden Elde Edilen Ürünlerin Rolü

Esra Kuran¹

Eren Canbolat²

Özet

Düzenli ve ılımlı düzeyde yapılan egzersizin oksidatif stresi azaltıcı ve genel sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Bununla birlikte, şiddetli veya uzun süreli fiziksel aktiviteler doku iltihabını ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırarak oksidatif stresin yükselmesine neden olabilmektedir. Artan ROS düzeyleri, endojen antioksidan savunma sistemini baskılayarak kas hasarına ve sporcu performansında azalmaya yol açabilmektedir. Son yıllarda, egzersize bağlı oksidatif stresin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla polifenoller açısından zengin doğal besinlerin ve antioksidanların sporcu beslenmesinde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu derleme çalışmada, polifenol içeriği açısından zengin olan üzüm suyu ve üzümden elde edilen alternatif ürünlerin egzersizle ilişkili oksidatif stres üzerindeki etkileri mevcut literatür doğrultusunda değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar, üzüm suyu tüketiminin akut ve uzun süreli kullanımda antioksidan kapasiteyi artırabildiğini ve bazı oksidatif stres belirteçlerini iyileştirebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, üzüm suyunun oksidatif stres parametreleri üzerindeki etkilerinin literatürde kısmen çelişkili sonuçlar içerdiği görülmektedir. Üzüm ekstraktı, üzüm çekirdeği ve üzüm yaprağı gibi üzümden elde edilen alternatif ürünler ile yapılan insan ve deney hayvanı çalışmalarında ise antioksidan kapasitenin arttığı ve oksidatif stres ürünlerinin azaldığı daha tutarlı biçimde rapor edilmiştir. Sonuç olarak, üzüm ve üzümden elde edilen ürünlerin egzersize bağlı oksidatif stresin azaltılmasında

- 1 Diyetisyen (Yüksek Lisans Öğrencisi), Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, esrakuran99@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-8317-784X>
- 2 Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, canbolat.eren@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6250-2303>

potansiyel faydalar sağlayabileceği, özellikle doğal antioksidan kaynakları olarak sporcu beslenmesinde değerlendirilebileceği söylenebilir. Ancak, bu ürünlerin kullanım dozu, süresi ve egzersizle ilişkili zamanlamasına yönelik daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

1. Giriş

Düzenli olarak yapılan ılımlı egzersiz ve fiziksel aktivitenin oksidatif stresin azaltma başta olmak üzere çeşitli olumlu etkileri vardır (Elejalde vd., 2021). Bu olumlu etkiler kalp damar sağlığını koruyucu etki, vücut ağırlığının sürdürülmesi, obeziteye bağlı oluşan diyabetin önlenmesi, çeşitli kanser türlerini önleme (kolon-meme), sosyal etkileşimin sağlanması ve buna bağlı olarak stres, anksiyete gibi sorunların azaltılması olarak belirtilmektedir (Zengin Alpözgen, 2016). Ancak fiziksel aktivite şiddetli veya uzun süreli yapıldığında doku iltihabı ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi artmaktadır (D'Angelo, 2020). Yapılan çalışmalarda, farklı şiddette ve sürede yapılan farklı spor dallarında (bisiklet, koşu, dayanıklılık, kuvvet sporları vb.) oksidatif stres belirteçlerinin kan ve iskelet kasında arttığı bildirilmiştir (Stepanyan ve ark., 2014; Zhou ve ark., 2022). ROS'un artmış üretimi ile kas membran E vitamini gibi doğal hücre antioksidan koruyucuların üretimi azalmakta ve oksidatif stres artmaktadır (Devrim ve Ayaz, 2018). İlâveten antioksidan sistemin yetersiz kaldığı noktada ROS'un ortadan kaldırılamaması sonucunda lipid peroksidasyonunun oluşması, kas hasarının meydana gelmesi ve gecikmiş başlangıçlı kas ağrıları görülmektedir. Bu durumda kas gücü giderek azalmakta ve sporcu performansı olumsuz etkilenebilmektedir (Devrim ve Ayaz, 2018; Daud vd., 2023).

Günümüzde kas toparlanmasını ve performansı iyileştirmek için antioksidan takviyelerin alımı sporcular arasında git gide yaygınlaşmaktadır. Polifenollerde dahil olmak üzere antioksidan takviye tüketiminin; kas yorgunluğunu azaltarak doğrudan veya performansın iyileştirilmesine, fizyolojik stres faktörlerinin azaltılmasına, toparlanmada iyileşmeye yardımcı olarak egzersiz performansına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (Myburgh, 2014; Tuşat ve Parlak, 2024). Ancak son yıllarda polifenol takviyelerinin rekreasyonel, rekabetçi veya elit sporcuların lehine veya aleyhine olacağının önerisini vermenin erken olduğu ve daha çok araştırma yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca bu takviyelerin daha yüksek oksidatif stres seviyelerine sahip olan sporcularda değerlendirilmesine öncelik verilmesi gerektiği ifade edilmiştir (D'Angelo, 2019; Tuşat ve Parlak, 2024). Bu nedenle takviyeden ziyade doğal beslenme ile polifenol alımı önerilmektedir. Polifenollerden zengin meyveler antienflamatuvar ve antioksidan özellikleriyle ROS oluşumunu engelleyip kas hücrelerini

reaktif oksijen türlerinin zararlı etkisinden koruyabilmektedir. Sporcular için daha etkili ve güvenli bir strateji olarak meyve kaynaklı antioksidanların tüketilmesi önerilirken aynı zamanda meyve sularının %80-89 su içermesi egzersiz sırasında sıvı dengesini korumak performans açısından önemlidir (Daud vd., 2023).

Polifenol içeriği açısından zengin doğal bir antioksidan kaynağı olan üzüm, dünyada en fazla üretilen dördüncü meyvedir. Taze üzüm her mevsim ve her yerde bulunamayacağı için üzümde elde edilen diğer ürünler de sporcular için alternatif olabilir (Elejalde vd., 2021). Üzüm karbonhidratlar, proteinler, mineraller (özellikle kalsiyum, potasyum, sodyum, demir) ve vitaminlerden (özellikle A, B1, B2, B3 ve C vitamini) zengin bir meyvedir (Çalkan Sağlam, 2021). İlâveten üzüm içeriğindeki lutein+zeaksantin (72 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) ve beta-karoten (39 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) açısından önemli bir değere sahiptir (Baia Bonifácio ve ark., 2023). Üzümün oksidatif hasarı azaltıcı ve toparlanmayı hızlandırıcı etkisi içeriğinde bulunan antosiyanin, flavanol, fenolik asit, kaffeik asit, kateşin, quersetin ve resveratrol gibi fenol ve polifenollere ilâveten flavonoidler, proantosiyanidinler ve antosiyanidinlere dayanmaktadır (Çalkan Sağlam, 2021). Üzüm suyunun diğer takviyelere kıyasla daha ucuz olması, antioksidan ve karbonhidrat içeriğinin yüksek olması, WADA (Dünya Anti-Doping Ajansı) tarafından yasaklı maddelerle bulaş riskinin olmaması ve aşırı işlenmiş takviyeleri kullanmak istemeyen sporcular için ekonomik bir alternatif olması nedeniyle sporcular için uygun bir besin olarak düşünülmektedir (Daud vd., 2023). Bu derleme çalışmada üzüm suyunun sporcularda görülen oksidatif stresi önleme noktasındaki etkisi incelenerek kullanım dozu, zamanlaması hakkında bilgiler verilecektir.

2. Yöntem

Bu derleme çalışmada, üzüm suyu ve üzümde elde edilen ürünlerin egzersize bağlı oksidatif stres üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda literatür taraması Scopus, PubMed ve Web of Science veri tabanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tarama süreci 2010–2023 yılları arasında yayımlanmış bilimsel çalışmalar ile sınırlandırılmıştır. Literatür taramasında “grape juice”, “grape extract”, “exercise-induced oxidative stress”, “antioxidant capacity”, “athletes” ve “sports” anahtar kelimeleri farklı kombinasyonlar halinde kullanılmıştır. Elde edilen çalışmalar başlık ve özetleri incelenerek konu ile ilişkisi değerlendirilmiş, uygun bulunan yayınların tam metinleri incelenmiştir.

Çalışmaya dâhil edilme kriterleri; üzüm suyu veya üzümde elde edilen ürünlerin kullanıldığı, egzersiz veya fiziksel aktivite ile ilişkili olduğu ve oksidatif

stres, antioksidan kapasite veya inflamatuvar belirteçlerin değerlendirildiği insan veya deney hayvanı çalışmalarından oluşması şeklinde belirlenmiştir. Yalnızca in vitro yürütülen çalışmalar, derleme makaleler, özet bildiriler ve tam metnine ulaşamayan yayınlar çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. İncelenen çalışmalar, üzüm suyu ve üzümden elde edilen alternatif ürünler olmak üzere iki ana başlık altında ele alınmıştır. Üzüm suyu ile yürütülen araştırmalar akut ve uzun süreli kullanım açısından değerlendirilirken, üzümden elde edilen alternatif ürünler ile yapılan çalışmalar insan ve deney hayvanları üzerinde gerçekleştirilen araştırmalar olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen bulgular nicel bir meta-analiz yapılmaksızın, nitel olarak değerlendirilmiş ve mevcut literatür doğrultusunda yorumlanmıştır.

3. BULGULAR

3.1.Üzüm Suyunun Egzersize Bağlı Oksidatif Stres Üzerindeki Etkisi

3.1.1. Uzun süreli Kullanımı

Üzüm suyunun uzun süreli kullanımının oksidatif stres üzerine etkilerinin incelendiği tek kör randomize çapraz kontrollü klinik bir çalışmada sağlıklı yetişkin bireyler egzersiz grubu (n:12) ve sedanter grup (n:10) olarak iki gruba ayrılmıştır. Her grupta bireylere 1 litre/hafta üzüm suyu ya da plasebo içeceği çapraz düzende verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında egzersiz grubunda üzüm suyu tüketiminin idrardaki toplam fenolik bileşen ve Ferrik İndirgeyici Antioksidan Gücü (FRAP) miktarını arttırdığı; oksidatif belirteçlerden birisi olan Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri (TBARS) azalttığı tespit edilmiştir. Egzersiz yapmayan grupta ise üzüm suyu tüketiminin yalnızca idrardaki toplam fenolik bileşen anlamlı miktarda arttırdığı, FRAP ve TBARS değerlerine bir etkisi olmadı görülmüştür (Al-Dujaili ve ark., 2015). Diğer bir çalışmada 14 gün boyunca 400 ml/gün üzüm suyu tüketen voleybol sporcularının lipid peroksidasyonu ve DNA hasarının yanı sıra karbonil düzeylerinin daha düşük olduğu ve inflamasyonun azaldığı gözlemlenmiştir (Martins vd., 2020). Yine 14 gün boyunca 400 ml üzüm suyu verilerek judo sporcuları ile yapılan çift kör randomize çapraz kontrollü klinik bir çalışmada üzüm suyu grubuna kıyasla plasebo grubunda lipid hasarının %10, DNA hasarının ise %19 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür. Aynı zamanda üzüm suyu tüketen sporcularda total antioksidan kapasitesinin daha yüksek ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin %80 oranında daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma sonuçlarında yola çıkarak üzüm suyu tüketimini lipid peroksidasyonu ve DNA hasarını azaltarak oksidatif stres parametrelerini iyileştirebileceği belirtilmiştir (Goulart vd., 2020).

Triatlon sporcuları ile yapılan bir çalışmada 20 gün süresince organik üzüm suyu tüketiminin (300 ml/gün) kılcal damar yoğunluğu ve kırmızı kan hücresi hızını, serum insülin, ürik asit seviyelerini artırdığını; plazma glikoz seviyesi, eritrosit SOD aktivitesi ve postoklüzif reaktif hiperemi sonrasında maksimum kırmızı kan hücresi hızına ulaşmak için geçen süreyi azalttığı saptanmıştır. Glikoz homeostazi, antioksidan kapasite ve mikrovasküler fonksiyonu iyileştirdiği görülen üzüm suyunun, dayanıklılık sporcuları için faydalı olabileceği ifade edilmiştir (Gonçalves vd., 2011). Sağlıklı yetişkin bireyler ile yapılan çalışmada ise 28 gün boyunca 10 mL/kg/gün üzüm suyu takviyesinin antioksidan kapasiteyi %39 oranında artırdığı ve sistolik kan basıncında anlamlı bir azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir. Ayrıca serum kolesterol düzeyinde %7, LDL kolesterol düzeyinde %20 azalma ve HDL kolesterol düzeyinde %20 oranında artış tespit edilmiştir. Üzüm suyunun antioksidan kapasiteyi arttırmasının yanı sıra lipid profilleri üzerinde de olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Toscano vd., 2017). Düşük yoğunluklu fiziksel aktivite yapan yaşlı kadın bireyler ile yapılan bir çalışmada, 30 gün boyunca 400 ml üzüm suyu tüketiminin, kontrol içeceği tüketimine kıyasla SOD seviyelerini arttırıp interlökin-6 seviyelerini azaltarak antioksidan kapasiteyi arttırdığı bulunmuştur. Ancak malonaldehit (MDA), sülfidril, karbonil, katalaz seviyelerinde anlamlı bir değişiklik belirlenememiştir (Dani ve ark., 2021).

3.1.2. Akut Kullanımı

Üzüm suyunun akut kullanımındaki etkisine yönelik literatürde çalışmalarda da uzun süreli kullanımındaki gibi benzer bulgular elde edilmiştir. Rekreatyonel erkek koşucular ile yapılan çift kör randomize çapraz kontrollü klinik bir çalışmada akut olarak 10 ml/kg üzüm suyu tüketen sporcuların koşma süresinin plasebo grubuna kıyasla %15 oranında arttığı ve toplam antioksidan kapasitesinde %43,6'lık bir artış görüldüğü belirtilmiştir (Toscano, 2020). Yine rekreatyonel erkek koşuculara 3200 m koşu testi öncesinde verilen 10 ml/kg üzüm suyunun tükenme ve koşu süresi ile toplam antioksidan kapasitesi arttırdığı görülürken MDA seviyeleri açısından kontrol grubu ile bir farklılık tespit edilememiştir (de Sousa ve ark., 2022). Hentbol sporcular ile yapılan diğer bir çalışmada ise antrenmandan hemen önce (200 mL) ve antrenman sonrası (200 mL) olmak üzere toplam 400 mL üzüm suyu tüketen sporcularda toparlanma sonrası nitrit değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Buna göre göre 400 mL akut üzüm suyu takviyesinin, antioksidan aktivitesi olan nitrik oksitin metaboliti nitritin serum konsantrasyonunu artırdığı belirtilmiştir (Neto ve ark., 2020).

Triatlon sporcuları ile yapılan bir çalışmada sporculara antrenman sonrasında (100 km bisiklet, 6 km koşu, 1,5 km yüzme) 300 mL üzüm konsantresi içeceği veya plasebo içeceği verilmiştir. Egzersizden hemen sonra ve egzersizden 1 saat sonra yapılan ölçümlerde üzüm konsantresi içeceği tüketen sporcuların glutatyon ve SOD seviyelerinde plasebo grubuna göre daha fazla artış elde edilmiştir (Silvestre vd., 2014). Tüm bu çalışmalar Tablo 1.'de gösterilmiştir. İlaveten yapılan bir meta analizde akut veya kronik 400 ml/gün ya da 10 ml/kg/gün üzüm suyu tüketiminin antioksidan kapasiteyi arttırdığı ancak oksidatif stres, inflamasyon, fiziksel performans ve toparlanma üzerine bir etkisi olmadığı görülmüştür. Ayrıca bu meta-analiz konu üzerinde yapılmış ilk meta analiz olma özelliği göstermektedir (Baia Bonifácio ve ark., 2023). Sonuç olarak üzüm suyu takviyesi ile yapılan çalışmalar incelendiğinde akut veya kronik 300-400 ml/gün veya 10 ml/kg/gün üzüm suyu tüketiminin antioksidan kapasiteyi arttırdığı görülse de oksidatif stres parametreleri üzerindeki etkisinin çelişkili olduğu ifade edilebilir.

Tablo 1. Üzüm suyunun oksidatif stres üzerindeki etkisi

Çalışma	Katılımcılar	Kullanım Dozu	Süre	Sonuçlar
Toscano (2020)	Rekreasyonel erkek koşucular (n:14)	10 ml/kg	Akut	Koşu Süresi: %15 ↑ Toplam Antioksidan Kapasite: %43,6 ↑ MDA: ↔
Neto ve ark. (2020)	Hentbol sporcuları (n:15)	400 ml (antrenman öncesi/sonrası)	Akut	Nitrit Seviyeleri (Toparlanma Sonrası): ↑
Silvestre ve ark. (2014)	Triatlon sporcuları (n:6)	300 ml (egzersiz sonrası)	Akut	SOD ve Glutatyon Seviyeleri: ↑
Al-Dujaili ve ark. (2015)	Egzersiz grubu (n:12) ve sedanter grup (n:10)	1 litre/hafta üzüm suyu (çapraz düzen)	7 gün	Egzersiz Grubu: FRAP: ↑ TBARS: ↓ Toplam Fenolik Bileşen: ↑ Sedanter Grup: Toplam Fenolik Bileşen: ↑ FRAP: ↔ TBARS: ↔
Martins ve ark. (2020)	Voleybolcular (n:12)	400 ml/gün, (çapraz düzen)	14 gün	Lipit Peroksidasyonu: ↓ DNA Hasarı: ↓ Karbonil Düzeyleri: ↓ İnflamasyon: ↓

Goulart ve ark. (2020)	Judo sporcuları (n:20)	400 ml/gün, (çapraz düzen)	14 gün	Lipit Hasarı (Plasebo Grubu): %10 ↑ DNA Hasarı (Plasebo Grubu): %19 ↑ Toplam Antioksidan Kapasite: ↑ SOD Aktivitesi: ↓
Gonçalves ve ark. (2011)	Triatlon sporcuları (n:10)	300 ml/gün	20 gün	Kılcal Damar Yoğunluğu: ↑ Kırmızı Kan Hücre Hızı: ↑ Glikoz Homeostazı: ↑ Mikrovasküler Fonksiyon: ↑
Toscano ve ark. (2017)	Sağlıklı bireyler (n:12)	10 ml/kg/gün	28 gün	Antioksidan Kapasite: %39 ↑ Sistolik Kan Basıncı: ↓ LDL Kolesterol: %20 ↓ HDL Kolesterol: %20 ↑
Dani ve ark. (2021)	Yaşlı kadın bireyler (n:29)	400 ml/gün	30 gün	SOD Seviyeleri: ↑ İnterlökin-6: ↓ MDA, Karbonil, Katalaz: ↔

↑: Artış ↓: Azalış ↔: Anlamlı değişiklik yok FRAP: Ferrik İndirgeyici Antioksidan Gücü; TBARS: Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeleri ; SOD: Süperoksit Dismutaz; MDA: Malonaldehit

3.2. Üzümünden Elde Edilen Ürünlerin Egzersize Bağlı Oksidatif Stres Üzerindeki Etkisi

3.2.1. İnsan Çalışmaları

Üzüm ekstraktı kullanarak yapılan bir çalışmada 20 elit erkek sporcuya (10 hentbol, 5 basketbol, 4 sprint ve 1 voleybol oyuncusu) 30 gün boyunca üzüm ekstraktı kapsülü (400 mg/gün) verilmiştir. Plasebo grubuna kıyasla üzüm ekstresi kapsülü tüketen grubun antioksidan kapasitesinde önemli bir artış olduğu ve glutatyon peroksidaz (GSH-Px) aktivitesinin plasebo grubunda azalırken üzüm ekstresi alan kişilerde değişmediği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca plasebo grubunda oksidatif hasar ve inflamasyon artışını gösteren izoprostanların idrarla atımı artarken üzüm ekstresi grubunda herhangi bir değişiklik bulunamamıştır (Lafay vd., 2009). Siyah üzüm, vişne yaprağı ve hardal tohumun karışımından elde edilen hardaliye kullanılarak yapılan çalışmada 89 sağlıklı yetişkin bireye 40 gün boyunca yüksek miktarda hardaliye (HH) (500 ml/gün), düşük miktarda hardaliye

(LH) (250 ml/gün) ve plasebo verilmiştir. Çalışma sonucunda HH ve LH gruplarında lipit peroksidasyon ürünleri (konjuge dien, MDA) ve homosistein konsantrasyonlarında anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir. Ek olarak HH ve LH grupları arasında konjuge dien ve MDA seviyeleri arasında anlamlı fark gözlenmezken, homosisteinde düzeyindeki azalma HH grubunda daha fazla bulunmuştur (Amoutzopoulos vd., 2013).

Polonya kürek takımından 22 erkek kürekçi ile yapılan çalışmada 10 kişiye 6 hafta boyunca günde üç kez siyah üzüm ekstraktı kapsülü (367 mg'lık 1 jelatin kapsül, 188 mg/g polifenol (kateşin, gallik asit, kuersetin, trans-rezveratrol, sis-rezveratrol) ve 35 mg/g antosiyanin (malvidin, peomidin, petunidin, delphinidin, siyanidin) içermektedir) verilirken 12 kişiden oluşan kontrol grubuna plasebo verilmiştir. Siyah üzüm ekstraktının plazma antioksidatif kapasitesinde anlamlı bir artış sağladığı ve lipit peroksidasyon ürünü seviyelerinin konsantrasyonunda azalmaya katkıda bulunduğu belirtilmiştir (Skarpańska-Stejnborn vd., 2010). Diğer bir çalışmada 40 kadın voleybol oyuncusu iki gruba ayrıldıktan sonra 8 hafta boyunca günde 2 kez 300 mg üzüm çekirdeği ekstresi ve plasebo verilmiştir. Üzüm çekirdeği ekstresi takviyesi alan kişilerde glutatyon seviyelerinde anlamlı bir artış, MDA seviyelerinde ise anlamlı bir düşüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca üzüm çekirdeği ekstresi takviyesi alan kişilerde serum insülin konsantrasyonunda ve insülin direncinin homeostatik modeli değerlendirmesi (HOMA-IR) değerlerinde azalma belirlenirken kantitatif insülin duyarlılığı kontrol endeksinde artış görülmüştür (Taghizadeh vd., 2016).

3.2.2. Rat Çalışmaları

Ratlar ile yapılan çalışmalar incelendiğinde üzüm çekirdeğinin içeriğindeki proantosiyanidin özütünün (GSPE) egzersize bağlı yorgunluğa karşı mekanizmasını araştırmak için yapılan çalışmada 40 rat rastgele 4 gruba ayrılmıştır (GSPE spor grubu (GSG), GSPE sessiz grup (GQG), spor kontrol grubu (SCG) ve sessiz kontrol grubu (QCG)). GSG ve GQG grupları 2 hafta süre ile GSPE ile beslenirken, kontrol grubuna ise damıtılmış su verilmiştir. Beslenme sonrası sessiz gruplar (GQG, QCG) egzersiz yapmazken egzersiz grupları (GSG, SCG) 120 dakika yüzme egzersizi yapmıştır. Sonuçlar incelendiğinde GSPE ile beslenen sessiz grubun sessiz kontrol grubuna kıyasla SOD seviyeleri anlamlı ölçüde artmış, MDA anlamlı ölçüde azalmıştır. Yapılan diğer analizlerde GSPE tüketen spor grubunda spor kontrol grubuna göre SOD ve GSH-Px anlamlı ölçüde artarken, MDA anlamlı ölçüde azalmıştır. Bu durum GSPE'nin egzersize bağlı olmaksızın antioksidan enzimlerin aktivitesini artırabileceği ve lipit peroksidasyonunu inhibe edebileceğini göstermektedir. Çalışmada sonuçlara ilaveten hem

sessiz hem de egzersiz grubunda GSPE ile beslenen ratların karaciğer ve kas glikojen seviyeleri daha yüksek ve GSPE alan spor grubundaki ratların plazma total kolesterol, trigliserid, serbest yağ asitleri seviyeleri spor kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha düşük olarak bulunmuştur. Bu noktada GSPE'nin ise kan glikoz düzeyini sabit tutmak ve karaciğer-kas glikojen rezervlerini koruduğu ve yağ metabolizmasını etkileyebileceğini ve yağların vücutta kullanımını destekleyebileceğini görülmektedir (Shan vd., 2010).

Akut ve kronik egzersiz yapan ratlarda üzüm çekirdeği özütü (GSE) takviyesinin egzersiz performansı ve oksidatif stres üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada kronik egzersiz grubundaki ratlar 6 hafta boyunca haftada 5 gün, 25 m/dk, 45 dk/gün koşu bandında koşma egzersizi yaparken akut egzersiz grubundaki ratlar ise 30 m/dk hızla yoruluncaya kadar koşu bandında koşma egzersizi yapmıştır. Üzüm çekirdeği özütü 100 mg/kg olarak 6 hafta süreyle verilmiştir. Çalışma sonucunda kronik egzersiz ve akut egzersiz yapan ratlar arasında üzüm çekirdeği özütü alanların MDA seviyeleri ile ksantin oksidaz ve adenozin deaminaz aktivitelerinin aynı grupta plasebo alanlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca üzüm çekirdeği alan ratların hem akut hem de kronik egzersiz sonucunda aynı grupta plasebo alanlara daha yüksek SOD, GSH-Px ve nitrik oksit düzeyleri olduğu saptanmıştır (Belviranlı vd., 2012). Son olarak kırmızı üzüm yaprağı ekstresinin (RGLE) dayanıklılık üzerine etkisini belirlemek için yapılan çalışmada ratlar; kontrol grubu, %0,2 RGL grubu, %0,5 RGL grubu olmak üzere 3 ayrı gruba ayrılmıştır. Çalışma 10 hafta boyunca sürdürülmüş RGL takviyesinin; yüzme sürelerini doza bağlı olarak kademeli bir şekilde uzattığı, kontrol grubuna kıyasla %0,2 ve %0,5 RGL takviyesi alan ratların dayanıklılık kapasitelerinin sırasıyla %11,4 ve %34,3 daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum RGL takviyesi alan ratlarda görülen yağ asidi oksidasyonunda görevli enzimlerin seviyesinin artmasıyla açıklanmıştır. Ayrıca egzersizden sonra laktat seviyeleri %0,5 RGL grubunda kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur (Minegishi vd., 2011). Sonuçlar incelendiğinde üzüm suyunun aksine üzümde elde edilen alternatif ürünlerin hem antioksidan kapasiteyi arttırdığı hem de oksidatif stres ürünlerinin seviyelerini azalttığı görülmektedir (Tablo 2)

Tablo 2. Üzümden elde edilen ürünlerin oksidatif stres üzerindeki etkisi

Çalışma	Katılımcılar	Kullanım Dozu	Süre	Sonuçlar
Shan vd., 2010	40 rat (4 grup) GSPE+spor Plasebo+spor GSPE Plasebo	Proantosiyanidin özütü (GSPE)	2 hafta	SOD seviyeleri: ↑ (GSPE gruplarında) MDA seviyeleri: ↓ (GSPE gruplarında) GSH-Px: ↑ (GSPE+spor grubunda) Karaciğer ve kas glikojen seviyeleri: ↑ (GSPE gruplarında) Total kolesterol, trigliserid, serbest yağ asitleri: ↓ (GSPE+spor grubunda)
Lafay vd., 2009	20 elit erkek sporcu	Üzüm ekstresi kapsülü (400mg/gün)	30 gün	Antioksidan kapasite: ↑ GSH-Px aktivitesi: ↔ İzoprostane: ↔ Plasebo grubunda ↑
Amoutzopoulos vd., 2013	89 sağlıklı yetişkin birey	Yüksek miktarda hardaliye (500 ml/gün) Düşük miktarda hardaliye (250 ml/gün)	40 gün	Lipit peroksidasyon ürünleri (Konjuge dien, MDA): ↓ Homosistein: ↓ (HH grubunda daha fazla)
Skarpańska-Stejnborn vd., 2010	22 erkek kürekçi	Siyah üzüm ekstraktı kapsülü (3 adet/gün)	6 hafta	Plazma antioksidatif kapasitesi: ↑ Lipit peroksidasyon ürünü: ↓
Belviranlı vd., 2012	Akut ve kronik egzersiz yapan ratlar (n:64)	Üzüm çekirdeği özütü (100 mg/kg)	6 hafta	MDA seviyeleri: ↓ Ksantin oksidaz ve adenosin deaminaz aktivitesi: ↓ SOD, GSH-Px ve NO seviyeleri: ↑
Taghizadeh vd., 2016	40 kadın voleybol oyuncusu	Üzüm çekirdeği ekstresi (300 mg/gün, 2 kez)	8 hafta	Glutasyon seviyeleri: ↑ MDA seviyeleri: ↓ Serum insülin konsantrasyonu: ↓ HOMA-IR: ↓ Kantitatif insülin duyarlılığı kontrol endeksi: ↑
Minegishi vd., 2011	Ratlar Kontrol, %0,2 RGLE %0,5 RGLE	Kırmızı üzüm yaprağı ekstresi (RGLE)	10 hafta	Dayanıklılık kapasitesi: ↑ %0,5 RGLE grubunda %34,3 ↑ %0,2 RGLE grubunda %11,4 ↑ Laktat seviyeleri: %0,5 RGLE grubunda ↓

↑: Artış ↓: Azalış ↔: Anlamlı değişiklik yok GSH-Px: Glutasyon Peroksidaz; HOMA-IR: insülin direncinin homeostatik modeli değerlendirmesi; MDA: Malonaldehit; SOD: Süperoksit Dismutaz

4. Sonuç ve Öneriler

Bu derleme çalışmada, üzüm suyu ve üzümünden elde edilen alternatif ürünlerin egzersize bağlı oksidatif stres üzerindeki etkileri geniş çaplı bir literatür taraması ile incelenmiştir. Bulgular, düzenli olarak üzüm suyu tüketiminin oksidatif stres belirteçlerini iyileştirdiğini ve antioksidan kapasiteyi artırarak sporcu sağlığı üzerinde olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Üzüm suyu, DNA hasarını azaltarak, inflamasyonu düşürerek ve lipid peroksidasyonunu engelleyerek oksidatif stresin zararlı etkilerini hafifletebilmektedir. Özellikle günlük 300-400 ml veya 10 ml/kg üzüm suyu tüketiminin, total antioksidan kapasiteyi artırdığı ve oksidatif stres belirteçlerini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Üzüm suyu alternatifleri olan üzüm ekstraktı, üzüm çekirdeği ve üzüm yaprağı gibi ürünler de antioksidan kapasiteyi artırma ve oksidatif stres ürünlerini azaltma açısından benzer faydalar sağlamaktadır. Üzüm ekstraktı kapsülü, siyah üzüm ekstresi ve kırmızı üzüm yaprağı ekstraktı gibi ürünlerin tüketimi, sporcularda oksidatif hasarı azaltarak antioksidan savunma sistemini güçlendirmektedir. İnsan ve rat deneyleri, bu ürünlerin antioksidan enzim aktivitelerini artırdığını ve lipid peroksidasyonunu azalttığını göstermektedir. Bunlara ek olarak üzüm suyu ve alternatif ürünlerinin bazı çalışmalarda plazma kan yağlarını ve insülin seviyelerini de azalttığı görülmüştür.

Ancak, üzüm suyu ve ürünlerinin egzersizle indüklenen oksidatif stres üzerindeki etkilerine dair literatürde çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. Bazı çalışmalar, üzüm suyu tüketiminin oksidatif stres belirteçlerini iyileştirdiğini net bir şekilde gösterirken, bazıları bu etkiyi tam olarak ortaya koyamamıştır. Ayrıca, üzüm suyu tüketiminin zamanlaması, egzersiz öncesi ve sonrası tüketiminin etkileri konusunda daha fazla araştırma yapılması, sporcuların en iyi sonuçları elde etmelerine yardımcı olacaktır. İlavenen üzüm suyu ve alternatif ürünlerinin farklı spor dallarındaki etkilerinin incelenmesi, sporcu beslenmesi alanında daha kapsamlı ve spesifik öneriler sunulmasına katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak, sporcuların doğal antioksidan kaynaklarından yararlanarak, yüksek işlenmiş takviyeler yerine polifenoller açısından zengin meyve ve meyve sularını tercih etmeleri teşvik edilmelidir. Üzüm ve üzüm ürünlerinin antioksidan kapasitesini artırma ve oksidatif stresi azaltma potansiyelinden dolayı, sporcuların diyetlerine üzüm suyu ve ürünlerini dahil edilmelidir. Yine de bu ürünlerin kullanımının bireysel farklılıklar gösterebileceği unutulmamalı ve sporcular, diyetlerine bu tür doğal antioksidan kaynaklarını dahil etmeden önce bir beslenme uzmanı veya diyetisyene danışmalıdır.

5. Kaynaklar

1. Al-Dujaili, E. A., Hall, J., & Twaij, H. (2015). The effect of dark grape juice consumption on exercise-induced oxidative stress in healthy adults aged 41 to 60 years. *EC Nutrition*, 1, 217-228.
2. Amoutzopoulos, B., Löker, G. B., Samur, G., Çevikkalp, S. A., Yaman, M., Köse, T., & Pelvan, E. (2013). Effects of a traditional fermented grape-based drink 'hardaliye' on antioxidant status of healthy adults: a randomized controlled clinical trial. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(14), 3604-3610.
3. Baia Bonifácio, D., Martins Viana, L., Silva, A. D., Joanes Rosa Guerra, D., Woelffel Silva, C., Augusto Ribeiro de Barros, F., & Bressan, J. (2023). Effects of Grape Juice Consumption in Practitioners of Physical Activity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Food Reviews International*, 1-19.
4. Belviranlı, M., Gökbel, H., Okudan, N., & Başaralı, K. (2012). Effects of grape seed extract supplementation on exercise-induced oxidative stress in rats. *British Journal of Nutrition*, 108(2), 249-256.
5. Çalkan Sağlam, Ö., Sağlam, H., & Mert, E. (2021). Phytochemicals in grape and their effects on human health. *International Journal of Anatolia Agricultural Engineering Sciences*, 3(3), 78-86.
6. D'Angelo, S. (2019). Polyphenols and athletic performance: A review on human data. *Plant Physiological Aspects of Phenolic Compounds*, 23(2), 1-23.
7. D'Angelo, S. (2020). Polyphenols: Potential beneficial effects of these phytochemicals in athletes. *Current Sports Medicine Reports*, 19(7), 260-265.
8. Daud, S. M. M., Sukri, N. M., Johari, M. H., Gnanou, J., & Manaf, F. A. (2023). Pure juice supplementation: its effect on muscle recovery and sports performance. *The Malaysian Journal of Medical Sciences*, 30(1), 31-48.
9. Dani, C., Dias, K. M., Trevizol, L., Bassôa, L., Fraga, I., Proença, I. C. T., Pochmann, D., & Elsner, V. R. (2021). The impact of red grape juice (*Vitis labrusca*) consumption associated with physical training on oxidative stress, inflammatory and epigenetic modulation in healthy elderly women. *Physiology & Behavior*, 229, 113215.
10. de Sousa, B. R. V., Toscano, L. d. L. T., de Almeida Filho, E. J. B., Sena, K. F., Costa, M. S., Cunha, R. C. d. S., Quintans, J. d. S. S., Heimfarth, L., Marques, A. T. B., da Silva, D. F., Correia, L. F. C., Persuhn, D. C., & Silva, A. S. (2022). Purple grape juice improves performance of recreational runners, but the effect is genotype dependent: a double blind, randomized, controlled trial. *Genes & Nutrition*, 17(1), 9.

11. Devrim, A., & Ayaz, A. (2018). Effects of vitamin E supplementation on exercise-induced oxidative stress: friend or foe?. *Istanbul Medical Journal*, 19(2), 89-94.
12. Elejalde, E., Villarán, M. C., & Alonso, R. M. (2021). Grape polyphenols supplementation for exercise-induced oxidative stress. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18, 1-12.
13. Gonçalves, M. C., Bezerra, F. F., de Araujo Eleutherio, E. C., Bouskela, E., & Koury, J. (2011). Organic grape juice intake improves functional capillary density and postocclusive reactive hyperemia in triathletes. *Clinics*, 66(9), 1537-1541.
14. Goulart, M. J. V., Pisamiglio, D. S., Moeller, G. B., Dani, C., Alves, F. D., Bock, P. M., & Schneider, C. D. (2020). Effects of grape juice consumption on muscle fatigue and oxidative stress in judo athletes: a randomized clinical trial. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92, e20191551.
15. Lafay, S., Jan, C., Nardon, K., Lemaire, B., Ibarra, A., Roller, M., Houvenaeghel, M., Juhel, C., & Cara, L. (2009). Grape extract improves antioxidant status and physical performance in elite male athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(3), 468-480.
16. Martins, N. C., Dorneles, G. P., Blembeel, A. S., Marinho, J. P., Proença, I. C. T., da Cunha Goulart, M. J. V., Moller, G. B., Marques, E. P., Pochmann, D., & Salvador, M. (2020). Effects of grape juice consumption on oxidative stress and inflammation in male volleyball players: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 54, 102570.
17. Minegishi, Y., Haramizu, S., Hase, T., & Murase, T. (2011). Red grape leaf extract improves endurance capacity by facilitating fatty acid utilization in skeletal muscle in mice. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 1983-1989.
18. Neto, M. M., Toscano, L. L., Tavares, R. L., Toscano, L. T., Padilhas, O. P., Silva, C. S. D., Cerqueira, G. S., & Silva, A. S. (2020). Whole purple grape juice increases nitric oxide production after training session in high level beach handball athletes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(4), e20191371.
19. Myburgh, K. H. (2014). Polyphenol supplementation: benefits for exercise performance or oxidative stress? *Sports Medicine*, 44, 57-70.
20. Shan, Y., Ye, X.-h., & Xin, H. (2010). Effect of the grape seed proanthocyanidin extract on the free radical and energy metabolism indicators during the movement. *Scientific Research and Essays*, 5(2), 148-153.
21. Skarpańska-Stejnborn, A., Basta, P., Pilaczyńska-Szcześniak, Ł., & Horoszkiewicz-Hassan, M. (2010). Black grape extract supplementation attenu-

- ates blood oxidative stress in response to acute exercise. *Biology of Sport*, 27(1), 41-46.
22. Silvestre, J. C., Juzwiak, C. R., Gollücke, A. P. B., Dourado, V. Z., & D'Almeida, V. (2014). Acute effect of a grape concentrate intake on oxidative stress markers in triathletes. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(5), 533-544.
 23. Stepanyan, V., Crowe, M., Haleagrahara, N., & Bowden, B. (2014). Effects of vitamin E supplementation on exercise-induced oxidative stress: a meta-analysis. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 1029-1037.
 24. Taghizadeh, M., Malekian, E., Memarzadeh, M. R., Mohammadi, A. A., & Asemi, Z. (2016). Grape seed extract supplementation and the effects on the biomarkers of oxidative stress and metabolic profiles in female volleyball players: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 18(9), e31314.
 25. Toscano, L. T., Silva, A. S., Toscano, L. T., Tavares, R. L., Biasoto, A. C. T., de Camargo, A. C., da Silva, C. S. O., Gonçalves, M. D. C. R., & Shahidi, F. (2017). Phenolics from purple grape juice increase serum antioxidant status and improve lipid profile and blood pressure in healthy adults under intense physical training. *Journal of Functional Foods*, 33, 419-424.
 26. Toscano, L. L. T., Silva, A. S., de França, A. C. L., de Sousa, B. R. V., de Almeida Filho, E. J. B., da Silveira Costa, M., Biasoto Marques, A. T., Fiuza da Silva, D., de Farias Sena, K., Santos Cerqueira, G., & da Conceição Rodrigues Gonçalves, M. (2020). A single dose of purple grape juice improves physical performance and antioxidant activity in runners: a randomized, crossover, double-blind, placebo study. *European Journal of Nutrition*, 59, 2997-3007.
 27. Tuşat, E., & Parlak, E. (2024). Polyphenols and their effects on sportive performance. *Toros University Journal of Food Nutrition and Gastronomy*, 2(2), 225-243.
 28. Zengin Alpözgen, A., & Razak Özdiñçler, A. (2016). Physical activity and preventive effect: review. *Journal of Health Science and Profession*, 3(1), 66-72.
 29. Zhou, Z., Chen, C., Teo, E. C., Zhang, Y., Huang, J., Xu, Y., & Gu, Y. (2022). Intracellular oxidative stress induced by physical exercise in adults: systematic review and meta-analysis. *Antioxidants*, 11(9), 1751.

Obezite Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar 8

Mahir Coşkun¹

Azad Duman²

Özet

Obezite, prevalansı giderek artan ve metabolik, kardiyovasküler ve endokrin hastalıklarla yakından ilişkili, kronik ve nüks edici bir hastalık olarak günümüzde önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır. Obezitenin gelişiminde pozitif enerji dengesi, sedanter yaşam tarzı, genetik yatkınlık ve bağırsak mikrobiyomu gibi çok sayıda faktör rol oynamakta; bu çok etkenli yapı hastalığın yönetimini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle obezite, yalnızca kilo artışı olarak değil, multidisipliner yaklaşım gerektiren karmaşık bir hastalık olarak ele alınmalıdır.

Obezite tedavisinde yaşam tarzı değişiklikleri temel yaklaşımı oluşturmakla birlikte, uzun dönemli kilo kontrolünde çoğu zaman yetersiz kalabilmektedir. Bu noktada farmakolojik tedaviler, özellikle GLP-1 reseptör agonistleri ve dual GIP/GLP-1 agonistleri, anlamlı ve sürdürülebilir kilo kaybı sağlamaları, metabolik parametreleri iyileştirmeleri ve kardiyovasküler koruyucu etkileri nedeniyle tedavi algoritmalarında giderek daha önemli bir yer edinmiştir. Güncel veriler, uygun hasta seçimi ve yakın izleme bu ajanların obezite yönetiminde cerrahiye yakın etkinlik sağlayabildiğini göstermektedir.

Bariatrik cerrahi ise seçilmiş hastalarda en yüksek kilo kaybı ve komorbidite düzelmesi sağlayan tedavi seçeneği olmaya devam etmektedir. Ancak cerrahi kararının yalnızca beden kitle indeksine dayandırılmaması, hastanın metabolik durumu, obeziteye bağlı komplikasyonları ve uzun dönem izlem olanaklarının dikkate alınması gerekmektedir.

Sonuç olarak obezite tedavisi, yaşam tarzı düzenlemeleri, medikal tedavi ve cerrahi yaklaşımların hastaya özgü biçimde entegre edildiği, uzun dönemli ve multidisipliner bir strateji gerektirmektedir.

- 1 ORCID: 0000-0002-9827-8152, Department of Endocrinology, Van Yuzuncu Yıl University, Van, Türkiye
- 2 ORCID: 0000-0002-3208-4929, Department of Endocrinology, Van Yuzuncu Yıl University, Van, Türkiye

Obezite Tanımı ve Epidemiyoloji

Obezite, vücutta normalden fazla yağ depolanması sonucu gelişen, birçok vücut sistemini olumsuz etkileyen ve bu nedenle enfeksiyöz olmayan birçok hastalığın riskini artıran bir hastalıktır. Tüm dünyada 1 milyardan fazla kişiyi etkilediği düşünülmektedir ve obezite sıklığı her yıl artarak devam etmektedir. Obezite tanımlanmasında güncel olarak beden kitle indeksi (BKİ) kullanılmaktadır. Beden kitle indeksi hesaplanırken kişinin vücut ağırlığı kilogram (kg) cinsinden hesaplanır sonra boyunun metre cinsinden karesi (m^2) alınır. Bu iki işlem tamamlanınca ortaya çıkan sayılar ağırlık bölü boyun metrekaresi olacak şekilde (kg/m^2) birbirlerine bölünür. Sonuçta çıkan rakam 18,5 – 24,9 kg/m^2 arasındaysa kişinin BKİ'si normal kabul edilir. BKİ 25 -29,9 kg/m^2 arasında ise kişi fazla kiloludur. $BKİ \geq 30 kg/m^2$ olduğunda obezite tanısı konur. $BKİ \geq 30 kg/m^2$ olan hastalarda kendi içlerinde sınıflandırılır. Obezite evresi arttıkça gelişecek komorbidite riski de artar.(Tablo 1) (1, 2)

Tablo 1. BKİ Değerlerine Göre Obezitenin Sınıflandırılması

Sınıflandırma	BKİ (kg/m^2)
Evre 1 Obezite	30.00 – 34.99
Evre 2 Obezite	35.00 – 39.99
Evre 3 Obezite	≥ 40.00

Obezite Gelişimine Neden Olan Faktörler

Besin Alımı ve Enerji Dengesi

Obezitenin temel nedeni kişinin harcadığı kalorigen daha fazla kalori almasıdır. Bu durum pozitif enerji dengesi oluşturur ve yağ depolanmasıyla sonuçlanır. Yağ deposu vücut tarafından sıkı bir şekilde kontrol edilir. Ancak bu kontrol mekanizmasının olumsuz yanı, fazla yağ depolandığında bu durumun bir süre sonra vücut tarafından normal olarak kabul edilmesidir. Egzersiz gibi yöntemlerle bir miktar kalori harcansa da bu kontrol mekanizmaları ile hızla kompensasyon sağlanır ve iştah artırılarak kalori alımı da artırılır. Sonuçta kalori dengelenir veya daha fazla kalori alınır. Bu nedenle diyet ve egzersiz gibi geleneksel yöntemler tek başlarına obezite tedavisinde çoğunlukla başarısız olmaktadır. Bu yüzden obezite bir irade sorunu olarak tanımlanmamalıdır. (1, 3)

Yaşam Tarzı ve Aile Öyküsü

Obezite gelişiminde aile genetiği, yaşam tarzı, kronik hastalık varlığı gibi faktörler de rol oynar. Yaşam tarzı açısından en büyük risk, hareketsiz bir

yaşam süren ve kötü beslenme alışkanlıklarına sahip bireylerde görülmektedir. (4, 5)

Microçevre ve Bağırsak Mikrobiyomu

Bağırsak mikrobiyomu düzenli çalıştığında bağırsakta diyet lifleri ve nişastanın fermentasyonunu sağlar. Bunun sonucunda bağırsak epitelinde GLP-1, GLP-2 (Glukagon benzeri peptidler) ve mide inhibe edici peptitler salgılanmasını düzenleyen kısa zincirli yağ asitleri de üretilir. Yapılan çalışmalarda bağırsak mikrobiyomundaki değişimlerin obeziteye neden olabildiği saptanmıştır. Obez bireylerde, kilosu normal olan bireylerle kıyaslandığında bağırsak mikrobiyomunun patolojik yönde bozulduğu gösterilmiştir. Bu bozulma mikrobiyom desteğiyle üretilen hormonlarda da bozulmaya yol açar. Bunun sonucunda insülin ve glukoz metabolizması bozulur ve obezite gelişimine neden olabilir (6-9)

Genetik Faktörler

Son yıllarda çevresel etkilerin obezite üzerinde etkisi artsa da genetik faktörler halen obezite gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Genetik obezitetler monogenik ve sendromik obezite olarak iki sınıfa ayrılabilir. Monogenik obezite nedenleri arasında leptin eksikliği, leptin direnci, POMC (propiomelanokortin) eksikliği, PCSK-1 (proprotein convertaz subtilisin/ keksin tip-1) eksikliği, MC4R (melanokortin 4 reseptör) mutasyonu sayılabilir. En sık görülen MC4R mutasyonudur. Sendromik obezitelere örnek olarak da Prader Willi sendromu, Bardet Biedl sendromu, Alström sendromu verilebilir. En sık görülen sendromik obezite nedeni Prader Willi sendromudur. (1, 10)

OBEZİTE TEDAVİSİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Diyet ve Egzersiz

Vücutun yağ dokusunu koruma eğilimi diyet ve egzersiz gibi yöntemleri uzun vadede şüpheli hale getirirse de bu yöntemlerin genel sağlık üzerine olan olumlu etkilerinden dolayı obezite tedavisinde halen önemli bir yere sahiptirler. Obez bireylere mutlaka ilk yaklaşım olarak diyet ve egzersiz önerilmelidir. Bu yöntemlerde başarı sağlanamasa bile diyet ve egzersiz kesilmemeli diğer yöntemler bu yöntemlerin üzerine eklenerek gidilmelidir. Obez hastalarda hedef kilo kaybı diyet egzersiz gibi yaşam tarzı değişiklikleriyle en az %10 olmalıdır. Diyet düzenlenirken belli bir diyet tipine odaklanmak yerine enerji dengesi gözetilmelidir. Bireyin enerji alımı 500-1000 kcal azaltılmalıdır. < 800 kcal/gün olacak şekilde düzenlenen şok diyetlerin kullanılması önerilmez. Egzersiz olarak günde en az 100-250 kcal haftada toplam 1000 kcal enerji

açığı oluşturacak şekilde hastaya uygun egzersizler seçilmelidir. Aerobik egzersizler ve direnç egzersizleri dengeli olacak şekilde düzenlenmelidir. İdeal kilo kaybı 2-4 kg dır. (1, 2, 11)

Medikal Tedavi

Obezitede farmakolojik tedaviye başlamak için hastanın $BKİ \geq 30 \text{ kg/m}^2$ olmalı ya da $BKİ \geq 27 \text{ kg/m}^2$ olup en az bir komorbid hastalığı bulunmalıdır.

Orlistat

Orlistat etkisini gastrik ve pankreatik lipaz enzimlerini reversible inhibe ederek gösterir. Sonuç olarak diyetle alınan yağlar parçalanamaz ve emilimleri bozulur. Bunun sonucunda hastanın günlük aldığı kalori miktarı düşer. Hasta bu ilacı önerilen dozlarda kullandığında diyetle aldığı yağların yaklaşık %30'u emilemeyecektir. Yağlı dışkılama, karın ağrısı, şişkinlik gibi gastrointestinal yan etkilere neden olabilir. Sistemik olarak nerdeyse hiç emilmediği için etkileri çoğunlukla gastrointestinal sistemle sınırlıdır. (12-15)

GLP-1 Reseptör Agonistleri (Liraglutid, Semaglutid, Tirzepatid)

Son yıllarda obezitede en umut verici tedavi seçeneği GLP-1 agonistleri olmuştur. Bu ilaçlar içinde en etkili kilo kaybı sağlayan ajan dual analog olan tirzepatitidir. Bu ilaç hem GLP-1 agonistidir hem de GIP (glucose dependent insulinotropic peptid) agonistidir. GLP-1 yemek yendikten sonra bağırsaktaki L-hücrelerinden salınan bir hormondur. GLP-1 agonistleri etkilerini bu hormona benzer şekilde gösterir. Ancak doğal hormonla kıyaslandığında kanda çok daha uzun süre yüksek kalır. Bu ilaçlar etkilerini çeşitli mekanizmalar üzerinden gösterir:

1. Glikoza bağımlı insülin salınımı: Bu ilaçlar pankreastan insülin salınımını artırır. Ancak sülfonilüre gibi glukozdan bağımsız insülin salınımını artıran ilaçların aksine etkilerini glukoz bağımlı şekilde gösterir. Bu yüzden hipoglisemiye neden olmazlar.

2. Glukogan üzerine etkileri: Pankreastan glukagon salınımını baskırlarlar.

3. Gastrik boşalmanın geciktirilmesi: Mide içeriğinin boşalma hızını azaltırlar. Bu etkileri tokluk hissini artırır ve hastanın aşırı yemesi baskılanır.

4. İştah kontrolü: Bu ilaçların obezite üzerindeki temel etki mekanizması bu yolla olur. Hipotalamusa etki ederek tokluk hissini artırırılar. Kişi hem az yer hem de yeme düşüncesiyle daha az meşgul olur.

5. Kardiyovasküler ve renal etkiler: Hem kardiyak hem de renal koruyucu etkileri mevcuttur. İnflamasyonu azaltarak ateroskleroz riskini düşürürler.

Böbrekten sodyum atılımını artırarak kan basıncının düşürülmesine yardım ederler.

6. Karaciğer ve Yağ Doku: Karaciğerde lipogenezi azaltarak karaciğer yağlanması iyileşmesini sağlarlar. İnsülin duyarlılığını dolaylı yoldan artırarak metabolik durumu iyileştirirler.

7. Obezitede cerrahi tedavi kadar başarılı etki: Obezitede %20 ve üzeri kilo kaybı sağlayarak cerrahiye eşdeğer bir başarı oranı sağlarlar. Bu etki özellikle tirzepatide en belirgin olarak görülmektedir.

GLP-1 agonisti kullanan hastalarda görülebilecek istenmeyen etkiler de olabilir:

1. Gastrointestinal sistem: Mide bulantısı, kusma, ishal veya kabızlık, reflü,
2. Safra kesesi: Hızlı kilo kaybına bağlı safra kesesinde taş oluşumu
3. Pankreas: Nadir görülür ancak pankreatit gelişimine neden olabilirler.
4. Böbrek: Böbrek koruyucu etkileri olmalarına rağmen hastada tokluk hissine bağlı sıvı alımı azalması veya ciddi kusma gibi dehidratasyon yapabilecek yan etkiler nedeniyle akut böbrek hasarı gelişebilir.
5. Göz: Özellikle diyabetik retinopatisi olan hastalarda retinopatide kötüleşme olabileceği bildirilmiştir.
6. Tiroid: Bazı hayvan çalışmalarında tiroid C hücreleri tümörlerine neden olabildiği belirtilmiştir. Ancak henüz insanlarda yeterli çalışma yoktur. Yine de ailesinde medüller tiroid kanseri olan hastalara önerilmez.

Bunlardan başka obezitede kullanılan ilaçlar olsa da bir çoğunun etkinliği oldukça düşüktür ve ülkemizde kullanılmamaktadır. Obezite ilaçlarının genel özellikleri tablo 2 de verilmiştir. (1, 16-23)

Tablo 2. Obezitenin Medikal Tedavisinde Kullanılan Ajanlar

İlaç	Etki Mekanizması	Doz	Uyarı / Monitorizasyon	Kontrendikasyonlar	Yan Etkiler
Orlistat	Pankreatik ve gastrik lipaz inhibitörü	Günde 3 kez 120 mg (oral)	Hepatit, karaciğer yetmezliği; ADEK vitamin desteği; kolelitiazis, nefrolitiazis	Gebelik, emzirme, kronik malabsorpsiyon sendromları, kolestaz	Steatore, fekal inkontinans, abdominal ağrı, baş ağrısı, oksalat nefropatisi
Liraglutid	GLP-1 reseptör agonisti	Günde 1 kez 3 mg (sc) (0,6 → 3,0 mg titre edilir)	Akut pankreatit, safra kesesi hastalıkları, hipoglisemi, dehidratasyon	Gebelik, emzirme, MTC, MEN 2, pankreatit öyküsü, gastroparezi	Bulantı, kusma, ishal/kabızlık, dispepsi, kalp atım hızında artış
Semaglutid	GLP-1 reseptör agonisti	Haftada 1 kez 2,4 mg (sc) (0,25 → 2,4 mg titre edilir)	Akut pankreatit, safra kesesi hastalıkları, retinopati progresyonu	Gebelik, emzirme, MTC, MEN 2, pankreatit öyküsü, gastroparezi	Bulantı, kusma, ishal/kabızlık, dispepsi
Tirzepatid	GIP/GLP-1 reseptör agonisti	Haftada 1 kez 5–15 mg (sc) (2,5 mg'dan titre edilir)	Akut pankreatit, safra kesesi hastalıkları, hipoglisemi	Gebelik, emzirme, MTC, MEN 2, pankreatit öyküsü, gastroparezi	Bulantı, kusma, ishal/kabızlık, dispepsi

Bariatrik Cerrahi

Obez hastalarda bariatrik cerrahi de bir tedavi seçeneğidir. BKİ'si >40 kg/m² olan veya BKİ >35 kg/m² olup komorbid durumu olan hastalarda diyet ve egzersiz gibi yaşam tarzı değişiklikleri ile yeterli kilo kaybı sağlanamamışsa bariatrik cerrahi yapılabilir. Güncel yayınlarda BKİ >35 kg/m² olan hastalarda komorbiditeden bağımsız olarak ve BKİ 30–34.9 kg/m² aralığında komorbidite varlığında cerrahi düşünülebileceği tartışılmaktadır. Bununla birlikte artık sadece BKİ odaklı değil bireyselleştirilmiş hasta odaklı cerrahi kararı verme ön plana çıkmaktadır. Bu yaklaşımda sadece BKİ yerine hastalarda yağ dokunun meydana getirdiği komplikasyonlarda göz önüne alınmaktadır. Bariatrik cerrahide biliopankreatik diversiyon, sleeve gastrektomi, Roux-en-Y gastrik bypass ve gastrik bant uygulaması gibi çeşitli teknikler uygulanabilir. Bariatrik cerrahide gelişebilecek komplikasyonlar erken ve geç dönem olarak ikiye ayrılabilir.

Erken dönem komplikasyonlar

1. Kanama: Staple hattı/anastomoz kanaması, intraluminal veya intraabdominal kanama görülebilir. Post op kanamalar yıllar içinde gelişen cerrahi teknikle oldukça azalmıştır.
2. Venöz Tromboembolizm: Cerrahi sonrası mortalite ile ilişkilendirilen en önemli komplikasyonlar arasındadır. İnsidansı düşüktür ancak klinik açıdan anlamlıdır.

Geç dönem komplikasyonlar

1. Marjinal Ülser: Anastomoz hattında ülserler oluşabilir. Özellikle sigara içimi, H. pylori enfeksiyonu ve tekniğin uygulanması gibi risk faktörleri bu durumu kolaylaştırır.
2. Safra Reflüsü ve Gastroözofageal Reflü: Var olan gastroözofageal reflü cerrahi sonrası kötüleşebilir.
3. Malnutrisyon ve mikro besin eksiklikleri: Hastalarda cerrahi sonrası beslenmenin azalmasına bağlı demir, B12 vitamini, folik asit, D vitamini, bakır, çinko gibi vitamin ve eser element eksiklikleri görülebilir.

Tüm bilgiler göz önüne alındığında bariatrik cerrahi kararı, multidisipliner ekip tarafından, hastanın metabolik durumu, komorbiditeleri ve uzun dönem izlem olanakları göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir. Son yayınlarda bariatrik cerrahinin halen GLP-1 temelli tedaviden daha çok kilo kaybı sağladığına ilişkin veriler mevcuttur. Bariatrik cerrahi, obezite tedavisinde her zaman son seçenek olarak değerlendirilmelidir. (1, 24-30)

SONUÇ

Obezite, artan prevalansı ve çok sayıda metabolik, kardiyovasküler ve endokrin hastalıkla olan güçlü ilişkisi nedeniyle günümüzde en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olmaya devam etmektedir. Obezitenin gelişiminde enerji dengesizliği, yaşam tarzı faktörleri, genetik yatkınlık ve bağırsak mikrobiyomu gibi çok sayıda etken rol oynamakta; bu durum hastalığın tek boyutlu yaklaşımlarla yönetilmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle obezite, basit bir kilo artışından ziyade, kronik ve nüks edici bir hastalık olarak ele alınmalıdır.

Obezite tedavisinde yaşam tarzı değişiklikleri her zaman temel yaklaşımı oluşturmakla birlikte, uzun dönem kilo kontrolünün sağlanmasında çoğu zaman yetersiz kalabilmektedir. Bu noktada farmakolojik tedavi seçenekleri, özellikle GLP-1 reseptör agonistleri ve dual agonistler, anlamlı

ve sürdürülebilir kilo kaybı sağlamaları, metabolik parametreler üzerindeki olumlu etkileri ve kardiyovasküler koruyucu özellikleri nedeniyle tedavi algoritmalarında giderek daha merkezi bir yer edinmiştir. Güncel veriler, uygun hasta seçimi ve yakın izlemle bu ajanların obezite yönetiminde cerrahiye yakın etkinlik sağlayabildiğini göstermektedir.

Bariatrik cerrahi ise seçilmiş hastalarda en etkili kilo kaybı ve komorbidite düzelmesi sağlayan tedavi seçeneği olmaya devam etmektedir. Ancak güncel yaklaşımlar, cerrahi kararının yalnızca beden kitle indeksine dayandırılmaması, hastanın metabolik durumu, obeziteye bağlı komplikasyonları, eşlik eden hastalıkları ve uzun dönem izlem olanaklarının da göz önünde bulundurulması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda bariatrik cerrahi, multidisipliner bir ekip tarafından değerlendirilmeli ve bireyselleştirilmiş bir tedavi stratejisinin parçası olarak planlanmalıdır.

Sonuç olarak obezite tedavisi, yaşam tarzı düzenlemeleri, medikal tedavi ve cerrahi seçeneklerin hastaya özgü biçimde entegre edildiği, uzun dönemli ve multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir. Güncel bilimsel veriler ışığında geliştirilen bu bütüncül tedavi stratejileri, obeziteye bağlı morbidite ve mortalitenin azaltılmasında temel rol oynamaktadır.

Referanslar

1. Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği. Obezite Tanı ve Tedavi Kılavuzu: Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği; 2024.
2. Organization WH. Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. 2000.
3. King N, Horner K, Hills A, Byrne N, Wood R, Bryant E, et al. Exercise, appetite and weight management: understanding the compensatory responses in eating behaviour and how they contribute to variability in exercise-induced weight loss. *British journal of sports medicine*. 2012;46(5):315–22.
4. Romero-Ibarguengoitia ME, Vadillo-Ortega F, Caballero AE, Ibarra-González I, Herrera-Rosas A, Serratos-Canales ME, et al. Family history and obesity in youth, their effect on acylcarnitine/aminoacids metabolomics and non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD). *Structural equation modeling approach*. *PloS one*. 2018;13(2):e0193138.
5. Fitzgerald MP, Hennigan K, O’Gorman CS, McCarron L. Obesity, diet and lifestyle in 9-year-old children with parentally reported chronic diseases: Findings from the growing up in Ireland longitudinal child cohort study. *Irish Journal of Medical Science (1971-)*. 2019;188(1):29–34.
6. Honce R, Karlsson EA, Wohlgemuth N, Estrada LD, Meliopoulos VA, Yao J, et al. Obesity-related microenvironment promotes emergence of virulent influenza virus strains. *MBio*. 2020;11(2):10.1128/mbio.03341–19.
7. Bäckhed F, Ding H, Wang T, Hooper LV, Koh GY, Nagy A, et al. The gut microbiota as an environmental factor that regulates fat storage. *Proceedings of the national academy of sciences*. 2004;101(44):15718–23.
8. Gill P, Van Zelm M, Muir J, Gibson P. Short chain fatty acids as potential therapeutic agents in human gastrointestinal and inflammatory disorders. *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2018;48(1):15–34.
9. Gao R, Zhu C, Li H, Yin M, Pan C, Huang L, et al. Dysbiosis signatures of gut microbiota along the sequence from healthy, young patients to those with overweight and obesity. *Obesity*. 2018;26(2):351–61.
10. Kasuga M. [Genetic factor for diabetes and obesity]. *Nihon Rinsho*. 2010;68 Suppl 8:359–63.
11. Jensen MD, Ryan DH, Apovian CM, Ard JD, Comuzzie AG, Donato KA, et al. 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *Circulation*. 2014;129(25 Suppl 2):S102–38.

12. Heck AM, Yanovski JA, Calis KA. Orlistat, a new lipase inhibitor for the management of obesity. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*. 2000;20(3):270–9.
13. Davidson MH, Hauptman J, DiGirolamo M, Foreyt JP, Halsted CH, Heber D, et al. Weight control and risk factor reduction in obese subjects treated for 2 years with orlistat: a randomized controlled trial. *Jama*. 1999;281(3):235–42.
14. Sjöström L, Rissanen A, Andersen T, Boldrin M, Golay A, Koppeschaar HP, et al. Randomised placebo-controlled trial of orlistat for weight loss and prevention of weight regain in obese patients. *The Lancet*. 1998;352(9123):167–72.
15. Torgerson JS, Hauptman J, Boldrin MN, Sjöström L. XENical in the Prevention of Diabetes in Obese Subjects (XENDOS) Study. A randomized study of orlistat as an adjunct to lifestyle changes for the prevention of type 2 diabetes in obese patients. *Clinical Diabetology*. 2004;5(2):95–104.
16. Gorgojo-Martínez JJ, Mezquita-Raya P, Carretero-Gómez J, Castro A, Cebrián-Cuenca A, de Torres-Sánchez A, et al. Clinical recommendations to manage gastrointestinal adverse events in patients treated with Glp-1 receptor agonists: a multidisciplinary expert consensus. *Journal of clinical medicine*. 2022;12(1):145.
17. Shu Y, He X, Wu P, Liu Y, Ding Y, Zhang Q. Gastrointestinal adverse events associated with semaglutide: a pharmacovigilance study based on FDA adverse event reporting system. *Frontiers in public health*. 2022;10:996179.
18. Pasternak B, Wintzell V, Hviid A, Eliasson B, Gudbjörnsdottir S, Jonasson C, et al. Glucagon-like peptide 1 receptor agonist use and risk of thyroid cancer: Scandinavian cohort study. *Bmj*. 2024;385.
19. Wilding JP, Batterham RL, Calanna S, Davies M, Van Gaal LF, Lingvay I, et al. Once-weekly semaglutide in adults with overweight or obesity. *New England Journal of Medicine*. 2021;384(11):989–1002.
20. Jastreboff AM, Aronne LJ, Ahmad NN, Wharton S, Connery L, Alves B, et al. Tirzepatide once weekly for the treatment of obesity. *New England Journal of Medicine*. 2022;387(3):205–16.
21. Rico-Fontalvo J, Daza-Arnedo R, Rodríguez-Yáñez T, Soler MJ. Effects of semaglutide on chronic kidney disease in patients with type 2 diabetes. 2024.
22. Marso SP, Holst AG, Vilsbøll T. Semaglutide and cardiovascular outcomes in patients with type 2 diabetes. *The New England journal of medicine*. 2017;376(9):891–2.
23. Frías JP, Davies MJ, Rosenstock J, Pérez Manghi FC, Fernández Landó L, Bergman BK, et al. Tirzepatide versus semaglutide once week-

- ly in patients with type 2 diabetes. *New England Journal of Medicine*. 2021;385(6):503–15.
24. Telles S, Gangadhar BN, Chandwani KD. Lifestyle modification in the prevention and management of obesity. *Journal of obesity*. 2016;2016:5818601.
25. Aminian A, Zelisko A, Kirwan JP, Brethauer SA, Schauer PR. Exploring the impact of bariatric surgery on high density lipoprotein. *Surgery for Obesity and Related Diseases*. 2015;11(1):238–47.
26. Mitra A, Bhambri A, Fehervari M, Parmar C. Long-Term Outcomes of One Anastomosis Gastric Bypass: A Systematic Review and Meta-Analysis of 5-Year and Beyond. *Obesity Surgery*. 2025:1–17.
27. Aleassa EM, Papasavas P, Augustin T, Khorgami Z, Benson-Davies S, Ghiassi S, et al. American Society for Metabolic and Bariatric Surgery literature review on the effect of Roux-en-Y gastric bypass limb lengths on outcomes. *Surgery for Obesity and Related Diseases*. 2023;19(7):755–62.
28. Bharani T, Agarwal D, Nimeri A, Tsai T, Ghushie N, Robinson M, et al. Evaluating National Trends in Bleeding Associated with Metabolic Bariatric Surgery over 7 Years. *Obesity Surgery*. 2025;35(10):4079–86.
29. Eisenberg D, Shikora SA, Aarts E, Aminian A, Angrisani L, Cohen RV, et al. 2022 American Society of Metabolic and Bariatric Surgery (ASMBS) and International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders (IFSO) indications for metabolic and bariatric surgery. Springer; 2023.
30. Nadolsky K, Garvey WT, Agarwal M, Bonnecaze A, Burguera B, Chaplin MD, et al. American Association of Clinical Endocrinology Consensus Statement: Algorithm for the Evaluation and Treatment of Adults with Obesity/Adiposity-Based Chronic Disease - 2025 Update. *Endocr Pract*. 2025;31(11):1351–94.

Özel Gereksinimi Olan Çocuklarda İşitme Taramaları ve Odyolojik Değerlendirme Teknolojileri

Merve Kandazoğlu Erdem¹

Betül Karabudak²

Simge Erdal³

Özet

Özel gereksinimi olan çocuklar; gelişimsel gecikmeler, nörolojik bozukluklar, sendromik tablolar, duyuşsal yetersizlikler ve karmaşık tıbbi öykülerle karakterize edilen heterojen bir popülasyonu oluşturmaktadır. Bu grupta işitme kaybı, yalnızca duyuşsal bir yetersizlik olarak değil; dil, iletişim, bilişsel gelişim, öğrenme süreçleri ve sosyal katılım üzerinde belirleyici etkileri olan temel bir nörogelişimsel risk faktörü olarak ele alınmalıdır. Literatür, özel gereksinimli çocuklarda işitme kaybı prevalansının normal gelişim gösteren akranlarına kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu ve işitsel sorunların sıklıkla birincil yetersizliklere atfedilmesi nedeniyle geç tanılandığını ya da gözden kaçabildiğini göstermektedir.

Bu bölümde, özel gereksinimi olan çocuklarda işitme taramalarının önemi, mevcut tarama yaklaşımlarının sınırlılıkları ve bu popülasyona özgü değerlendirme gereksinimleri bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmaktadır. Standart tarama protokollerinin özel gereksinimli çocukların bireysel ve gelişimsel farklılıklarını karşılamada yetersiz kaldığı vurgulanmakta; davranışsal değerlendirme yöntemlerinin uygulanabilirliği, objektif ölçüm tekniklerinin katkısı ve çok boyutlu değerlendirme modellerinin gerekliliği tartışılmaktadır. Bu kapsamda saf ses odyometrisi, akustik immitansmetri,

- 1 Öğr.Gör., Karabük Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Odyometri Pr., mervekandazoglu@karabuk.edu.tr , ORCID ID: 0009-0007-1327-0412.
- 2 Öğr.Gör., Karabük Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, betulkarabudak@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8266-4737.
- 3 Öğr.Gör., Karabük Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Yaşlı Bakımı Pr., simgeerdal@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0243-5529.

otoakustik emisyonlar ve işitsel beyin sapı yanıtları gibi odyolojik değerlendirme teknolojileri; uygulama özellikleri, avantajları ve sınırlılıklarıyla birlikte sunulmaktadır.

Sonuç olarak, özel gereksinimli çocuklarda işitme taramalarının; yaşa, gelişimsel profile ve risk faktörlerine duyarlı, objektif ve subjektif yöntemleri bir arada içeren, düzenli izleme desteklenen bütüncül yaklaşımlar çerçevesinde planlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Erken tanı ve erken müdahale hizmetlerinin güçlendirilmesi, yalnızca bireysel gelişim çıktılarının iyileştirilmesine değil; aynı zamanda fırsat eşitliğinin sağlanmasına, sosyal katılımın artırılmasına ve uzun vadeli halk sağlığı kazanımlarına katkı sunmaktadır.

Giriş

Özel gereksinimi olan bireyler; gelişimsel gecikmeler, nörolojik bozukluklar, sendromik tablolar, motor sorunlar, duyuşal yetersizlikler ve karmaşık tıbbi öykülerle karakterize edilen geniş ve heterojen bir popülasyonu kapsamaktadır. Bu grupta işitme sağlığı, yalnızca izole bir duyuşal yetersizlik olarak değil; iletişim, dil edinimi, sosyal etkileşim, öğrenme süreçleri ve bilişsel gelişimi doğrudan etkileyen temel bir nörogelişimsel bileşen olarak ele alınmalıdır.

Literatürde, özel gereksinimli çocuklarda işitme kaybı görülme sıklığının normal gelişim gösteren akranlarına kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Trudeau vd., 2021). Zihinsel yetersizlik, otizm spektrum bozukluğu, görme yetersizliği, nörolojik bozukluklar ve çoklu yetersizlikler gibi gelişimsel durumlar, işitme kaybı açısından ek risk faktörleriyle birlikte seyredebilmekte ve bu popülasyonu yüksek riskli bir grup hâline getirmektedir. Bununla birlikte, özel gereksinimli çocuklarda işitme kaybı sıklıkla alta yatan birincil yetersizliğe atfedilmekte; işitsel sorunlar davranışsal, bilişsel ya da iletişimsel güçlüklerin doğal bir sonucu olarak yorumlanabilmektedir. Bu yaklaşım, işitme kaybının geç tanınmasına ya da tamamen gözden kaçmasına yol açarak gelişimsel risklerin artmasına neden olmaktadır.

İşitme, çocukların dil, iletişim, bilişsel ve sosyal-duyuşal gelişimlerinin temelini oluşturan kritik bir duyuşal sistemdir. Erken çocukluk döneminde işitsel girdinin yeterli ve nitelikli biçimde alınması, konuşma ve dil gelişiminin yanı sıra öğrenme süreçleri ve sosyal etkileşim becerilerinin sağlıklı biçimde gelişmesi açısından hayati öneme sahiptir. Bebeklik ve erken çocukluk döneminde doğuştan ya da sonradan ortaya çıkan işitme kaybı; yaşam boyu sürebilen konuşma ve dil edinimi yetersizlikleri, düşük akademik performans, kişisel ve sosyal uyum sorunları ile duyuşal güçlüklerle yakından ilişkilidir. Kalıcı ya da geçici işitme kayıpları, özellikle erken gelişim dönemlerinde

konusma üretimi, alıcı ve ifade edici dil gelişimi, bilişsel olgunlaşma ve akademik beceriler üzerinde derin ve uzun süreli etkiler yaratabilmektedir (Ching vd., 2018; Van Naarden Braun vd., 2015).

İşitme kaybına eşlik eden özel gereksinimlerin bulunduğu durumlarda, gelişimsel etkiler daha da belirgin hâle gelmekte ve işitme kaybı mevcut güçlüklerle birleştiğinde etkisi katlanarak artan bir risk faktörü oluşturmaktadır. İşitme kaybının derecesi ile gelişimsel süreçte yaşanan aksamalar arasında doğrudan bir ilişki bulunmakta; kayıp düzeyi arttıkça bilişsel, dilsel ve sosyal alanlardaki sınırlılıklar daha belirgin hâle gelmektedir. İşitme kaybı, güncel tıbbi ve teknolojik müdahalelerle çoğu vakada geri döndürülebilir bir durum olmamakla birlikte, neden olduğu gelişimsel risklerin azaltılmasında erken tanı ve erken müdahale hizmetleri belirleyici bir role sahiptir. Bu nedenle erken tanı, etkin müdahale ve aile katılımı, işitme yetersizliği bulunan çocukların yaşam kalitesinin ve işlevsel yeterliliklerinin desteklenmesinde kritik öneme sahiptir (Baş vd., 2024; Danyluk & Jacob, 2023; Trudeau vd., 2021).

Bu doğrultuda ebeveynlerin, bakım verenlerin, birinci basamak hekimlerinin, diğer sağlık hizmeti sunucularının ve öğretmenlerin; özel gereksinimli bireylerde işitme kaybı insidansının yüksek olduğu konusunda bilgilendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Düzenli işitme değerlendirmelerinin teşvik edilmesi ve işitme kaybı saptandığında gecikmeksizin müdahale sürecinin başlatılması, gelişimsel risklerin azaltılmasında temel stratejiler arasında yer almaktadır (Herer, 2012). Dolayısıyla, özel gereksinimli çocuklara yönelik işitme tarama programları yalnızca sağlık hizmetlerinin ayrılmaz bir parçası değil, aynı zamanda eğitim ve rehabilitasyon süreçlerinin etkinliğini artıran kritik bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Chen vd., 2014).

Dünya Sağlık Örgütü, işitme sağlığını küresel halk sağlığı öncelikleri arasında tanımlamakta ve erken tanı ile müdahaleyi temel bir sağlık hakkı olarak ele almaktadır. Dil, biliş ve iletişim becerilerinin yanı sıra psikososyal refahı da doğrudan etkileyen işitme kaybı, zamanında saptanmadığında bireylerin yaşam kalitesinde belirgin düşüslere yol açabilmektedir (Olusanya, 2015; WHO, 2021a). İşitme kaybının erken tanılanması, fırsat eşitliğinin sağlanması ve sosyal katılımın desteklenmesi açısından kritik bir role sahip olup; özellikle dezavantajlı gruplarda uzun vadede sosyal dışlanma, eğitim kayıpları ve istihdam güçlüklerinin önlenmesine katkı sunmaktadır.

Özel gereksinimi olan çocuklar, tek tip ve homojen bir grup olarak ele alınamayacak kadar geniş ve heterojen bir popülasyonu oluşturmaktadır. özel gereksinimli çocuklar yalnızca tanı grupları arasında değil, aynı tanı

grubu içerisinde de bireysel farklılıklar göstermekte; bilişsel düzey, iletişim becerileri, davranışsal özellikler ve duyuşal işleme profilleri açısından önemli çeşitlilikler sergilemektedir. Bu durum, özel gereksinimli çocukların değerlendirme ve izlem süreçlerinde tek tip yaklaşımların yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Normal gelişim gösteren çocuklara yönelik standart işitme tarama yöntemleri, özel gereksinimli çocukların ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu grupta davranışsal testlerin uygulanmasındaki güçlükler, orta kulak bozukluklarının gözden kaçması ve takip süreçlerinde yaşanan kayıplar, uyarlanmış ve çok boyutlu protokollerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmektedir (Chen vd., 2014). American Speech-Language-Hearing Association [ASHA], (Amerikan Konuşma-Dil-İşitme Derneği) (2004) tarafından da vurguladığı üzere, işitme değerlendirme protokollerinin dış, orta ve iç kulağı kapsayan kapsamlı testleri içermesi ve farklı alt popülasyonların özelliklerine göre uyarlanması gerekmektedir. Bu çerçevede, özel gereksinimi olan çocuklarda işitme taramalarının etkinliğini artırmaya yönelik kullanılan odyolojik cihazlar ve tarama teknolojileri bu bölümde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

1.1. İşitme Taramalarında Kullanılan Odyolojik Değerlendirme Teknolojileri

Özel gereksinimi olan çocuklarda işitme taramalarının planlanması ve uygulanması sürecinde, kullanılan odyolojik cihazların ve değerlendirme yöntemlerinin özellikleri büyük önem taşımaktadır. Bu popülasyonda gelişimsel düzey, bilişsel kapasite, davranışsal yanıt verme becerileri ve eşlik eden tıbbi durumlar, değerlendirme sürecinin güvenilirliğini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle işitme taramalarında kullanılan yöntemler genel olarak objektif ve subjektif (davranışsal) değerlendirme yaklaşımları olmak üzere iki ana grupta ele alınmaktadır.

Subjektif değerlendirme yöntemleri, çocuğun işitsel uyaranlara verdiği davranışsal tepkilere dayanmaktadır. Davranışsal gözlem odyometrisi, görsel pekiştirici odyometrisi ve koşullandırılmış oyun odyometrisi gibi yöntemler bu gruba dâhil olup, çocuğun yaşına, gelişimsel düzeyine ve iş birliği kapasitesine bağlı olarak uygulanabilmektedir. Ancak özel gereksinimi olan çocuklarda dikkat süresinin sınırlı olması, motor ve bilişsel güçlükler, duyuşal işleme farklılıkları ve davranışsal düzenleme sorunları, bu yöntemlerin uygulanabilirliğini ve sonuçların güvenilirliğini sınırlayabilmektedir (Trudeau vd., 2021). Bu durum, özellikle erken çocukluk döneminde subjektif testlerin tek başına yeterli olmasını güçleştirmektedir.

Objektif değerlendirme yöntemleri ise çocuğun aktif katılımını gerektirmeden, işitsel sistemin farklı düzeylerdeki fizyolojik yanıtlarını ölçmeyi amaçlamaktadır. Otoakustik emisyonlar (OAE), işitsel beyin sapı cevabı (Auditory Brainstem Response (ABR)) ve immitans ölçümleri gibi yöntemler, dış kulaktan santral işitsel yollara kadar uzanan işitsel yapılar hakkında değerli bilgiler sunmaktadır. Ancak bu değerlendirmeler, işitsel kortikal yapıları kapsayan santral işitsel süreçler hakkında bilgi vermemektedir. Yine de davranışsal yanıtların güvenilir biçimde elde edilemediği durumlarda, objektif yöntemler tarama ve yönlendirme sürecinin temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle klinik uygulamada, tek bir değerlendirme yöntemine dayalı yaklaşımlar yerine, objektif ve subjektif testlerin birlikte kullanıldığı çok boyutlu değerlendirme modelleri önerilmektedir (American Academy of Audiology [AAA], 2011). Özel gereksinimli çocuklarda erken tanı açısından kritik önem taşıyan subjektif ve objektif işitme tarama yöntemleri; uygulama süreçleri ve sınırlılıklarıyla birlikte detaylıca incelenmelidir.

1.1.1. Saf Ses Odyometri

Saf ses odyometrisi testinde, çocuğun kulaklarına yerleştirilen kulaklıklar aracılığıyla farklı frekanslarda saf ses uyaranlar sunulmakta; çocuğun bu uyaranları algıladığını davranışsal tepkilerle (el kaldırma, göz kırpmaya veya sözel yanıt verme gibi) ifade etmesi beklenmektedir. Çocuktan elde edilen güvenilir yanıtlar doğrultusunda, her bir frekansta algılanabilen en düşük şiddet düzeyi belirlenmekte ve bu değer işitme eşiği olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen işitme eşikleri, normal işitme değerleriyle karşılaştırılarak işitme kaybının varlığı ve şiddeti hakkında değerlendirme yapılmaktadır.

Saf ses odyometrisi, davranışsal temelli bir değerlendirme yöntemi olması nedeniyle özel gereksinimi olan çocuklarda çeşitli sınırlılıklar barındırmaktadır. Bu popülasyonda dikkat süresinin kısa olması, bilişsel işlevlerdeki yetersizlikler, motor koordinasyon güçlükleri ve duyuşsal işleme farklılıkları, çocuğun test uyaranlarına tutarlı ve güvenilir yanıtlar vermesini güçleştirebilmektedir. Özellikle yönerge alma ve yönergeyi sürdürme becerilerindeki sınırlılıklar, testin uygulanabilirliğini azaltmakta ve elde edilen sonuçların geçerliliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Trudeau vd., 2021).

Ortizm spektrum bozukluğu, zihinsel yetersizlik veya çoklu yetersizlik tanısı bulunan çocuklarda, işitsel uyaranlara verilen tepkiler çoğu zaman gecikmeli, düzensiz ya da test dışı davranışlarla iç içe geçmiş biçimde ortaya çıkabilmektedir (Ting vd., 2024). Bu durum, çocuğun sunulan uyarıyı gerçekten algılayıp algılamadığının ayırt edilmesini güçleştirmekte ve yanlış

negatif ya da yanlış pozitif sonuçların ortaya çıkma olasılığını artırmaktadır. Ayrıca bazı çocuklarda kulaklık takılmasına karşı gelişen dokunsal hassasiyet, anksiyete ya da davranışsal direnç, tarama odyometrisinin uygulanabilirliğini önemli ölçüde sınırlamakta, hatta bazı durumlarda değerlendirme sürecinin tamamen yapılamamasına yol açabilmektedir (Trudeau vd., 2021).

Görme ve fiziksel yetersizliği olan çocukların saf ses odyometri testine adaptasyonu da zorlayıcı olabilmektedir. Bu çocuklarda test sırasında görsel ipuçlarının kullanılamaması, motor yanıt gerektiren davranışların sınırlı olması ve postüral kontrol güçlükleri, test yönergelerinin anlaşılmasını ve sürdürülmesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Özellikle görme yetersizliği bulunan çocuklarda işitsel uyarılara verilen tepkilerin görsel pekiştirme ile desteklenememesi, davranışsal odyometrinin güvenilirliğini azaltabilmektedir. Fiziksel yetersizliği olan çocuklarda ise el kaldırma, düğmeye basma veya sözel yanıt verme gibi motor yanıt gerektiren tepkilerin motor planlama ve kas gücü sınırlılıkları nedeniyle tutarlı biçimde sergilenememesi, test sonuçlarının geçerliliğini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenlerle, görme ve fiziksel yetersizliği olan çocuklarda işitme taramaları yalnızca davranışsal yöntemlere dayandırılmamalı; objektif odyolojik değerlendirme yöntemleri tarama ve izlem süreçlerinde öncelikli olarak kullanılmalıdır.

Tarama odyometrisinin bir diğer önemli sınırlılığı, elde edilen sonuçların çocuğun iş birliği düzeyine yüksek oranda bağımlı olmasıdır. El kaldırma, düğmeye basma veya sözel bildirim gibi motor yanıt gerektiren tepkiler; motor planlama güçlükleri, kas tonusu sorunları ya da konuşma üretimindeki sınırlılıklar nedeniyle güvenilir ve tutarlı biçimde elde edilmeyebilmektedir. Bu durum, özellikle hafif ve orta dereceli işitme kayıplarının saptanmasını zorlaştırmakta ve işitme kaybının gözden kaçma riskini artırmaktadır. Buna ek olarak, tarama odyometrisi orta kulak patolojilerinin varlığını doğrudan ortaya koymada yetersiz kalabilmekte ve iletim tipi işitme kayıplarının ayırıcı tanısında sınırlı bilgi sunmaktadır. Bu nedenle saf ses odyometri değerlendirmeleri, özel gereksinimli çocuklarda tek başına yeterli bir tarama yöntemi olarak değerlendirilmemeli; objektif ölçüm yöntemleriyle desteklenmelidir.

1.1.2. Akustik İmmitansmetri

Akustik immitans ölçümleri, timpanometri ve akustik refleks değerlendirmelerini kapsayan ve orta kulak sisteminin mekanik iletim özelliklerini objektif biçimde analiz eden temel odyolojik yöntemler arasında yer almaktadır (Shanks & Shohet, 2009). Bu değerlendirme yaklaşımı, kulak zarının ve orta kulak yapıların ses enerjisine verdiği yanıtı ölçerek özellikle

iletim tipi işitme kayıplarının erken saptanmasına olanak tanımaktadır (Feldman, 1976; Wiley vd., 1987). Davranışsal yanıt gerektirmemesi ve kısa sürede uygulanabilmesi, immitansmetrik ölçümlerin tarama düzeyindeki klinik uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmesini sağlamaktadır (Nozza vd., 1992).

Timpanometri, kulak kanalına kontrollü ve değişken hava basıncı uygulanması yoluyla timpanik membranın hareketliliğini ve orta kulak sisteminin akustik geçirgenliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu ölçüm tekniği aracılığıyla orta kulak basıncı, timpanik membran mobilitesi ve kulak yolu hacmi gibi parametreler nesnel olarak belirlenebilmektedir. Değerlendirmeler sonrasında orta kulak kaynaklı iletim tipi işitme kayıplarının ayırt edilmesinde önemli klinik bilgiler sunmaktadır (Jerger, 1970). Orta kulak patolojilerinin belirli özel gereksinim gruplarında daha sık izlenmesi, bu çocukların tek tip bir değerlendirme yaklaşımıyla ele alınamayacağını göstermekte; timpanometrinin işitme tarama protokollerinde alt gruplara özgü riskler doğrultusunda temel bir bileşen olarak yer almasını zorunlu kılmaktadır. Örneğin down sendromu, iletim tipi işitme kaybının sık görüldüğü özel gereksinim gruplarından biridir; bu gruptaki çocuklar tarama değerlendirmelerinde testten geçmiş olsalar dahi, orta kulak fonksiyonları düzenli olarak timpanometri ile izlenmelidir (Park vd., 2012).

Akustik refleks ölçümleri ise yüksek şiddetteki işitsel uyarılara karşı orta kulak kaslarının oluşturduğu refleks yanıtları değerlendirmektedir. Bu refleks yanıtlar, orta kulak fonksiyonlarının yanı sıra işitsel sinir, beyin sapı yolları ve fasiyal sinir bütünlüğü hakkında da dolaylı bilgi sağlamaktadır. Bununla birlikte, akustik reflekslerin varlığı ya da yokluğu tek başına işitme eşiklerini belirlemede yeterli değildir; elde edilen bulguların diğer odyolojik değerlendirme sonuçlarıyla birlikte yorumlanması gerekmektedir.

İmmittansmetrik ölçümlerin en önemli avantajlarından biri, çocuğun aktif katılımını gerektirmemesi ve davranışsal yanıtların güvenilir biçimde elde edilemediği durumlarda dahi uygulanabilir olmasıdır. Bu özellik, dikkat süresi sınırlı, bilişsel ya da motor güçlükleri bulunan özel gereksinimi olan çocuklarda değerlendirme sürecinin güvenilirliğini artırmaktadır. Bununla birlikte, immitansmetri yalnızca orta kulak sistemine ilişkin bilgi sunmakta; iç kulak ve santral işitsel yolların fonksiyonel durumu hakkında doğrudan veri sağlamamaktadır. Bu nedenle immitansmetrik değerlendirmeler, işitme taramalarında geçerli bir değerlendirme yapabilmek için tek başına yeterli değildir; diğer objektif ve subjektif yöntemlerle birlikte ele alınmalıdır (Richburg& Smiley, 2011).

1.1.3. Otoakustik Emisyonlar

OAE, iç kulakta yer alan dış tüylü hücrelerin aktif mekanik fonksiyonları sonucunda ortaya çıkan ve dış kulak yolundan ölçülebilen düşük şiddetdeki akustik yanıtlar olarak tanımlanmaktadır. OAE ölçümleri, kokleanın periferel düzeydeki fonksiyonel bütünlüğü hakkında objektif bilgi sunmakta ve çocuğun aktif katılımını gerektirmemesi nedeniyle işitme tarama programlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu özellikleri sayesinde OAE, özellikle davranışsal değerlendirme yöntemlerinin uygulanmasında güçlük yaşanan özel gereksinimi olan çocuklar için önemli bir tarama aracı olarak öne çıkmaktadır (ASHA, 2023).

OAE değerlendirmeleri, uygulama süresinin kısa olması, noninvaziv yapısı ve sedasyon gerektirmemesi gibi avantajlar nedeniyle yenidoğan ve erken çocukluk döneminde tercih edilmektedir. Ölçüm sırasında kulak kanalına yerleştirilen prob aracılığıyla akustik uyarılar sunulmakta ve kokleanın verdiği yanıtlar objektif olarak kaydedilmektedir. Bu süreç, dikkat, iş birliği ya da davranışsal yanıt gereksinimi olmaksızın gerçekleştirilebildiğinden, bilişsel, motor veya davranışsal sınırlılıkları bulunan çocuklarda güvenilir veri elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Bununla birlikte, OAE ölçümlerinin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. OAE yanıtları, dış ve orta kulak yolundaki patolojilerden doğrudan etkilenmekte; kulak yolu tıkanıklıkları, orta kulak efüzyonu veya negatif orta kulak basıncı gibi durumlarda yalancı negatif sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (Hall, 2016). Ayrıca OAE ölçümleri, işitsel sinir ve santral işitsel yolların fonksiyonları hakkında bilgi sunmamakta; bu nedenle işitsel nöropati spektrum bozukluğu gibi durumların saptanmasında tek başına yeterli olmamaktadır. Bu sınırlılıklar, OAE'nin tarama süreçlerinde immitansmetri ve işitsel beyin sapı yanıtları gibi diğer objektif yöntemlerle birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Özel gereksinimi olan çocuklarda, OAE ölçümleri koklear fonksiyonun hızlı ve güvenilir biçimde taranmasına olanak sağlamakla birlikte, elde edilen bulguların çocuğun klinik öyküsü ve diğer odyolojik değerlendirme sonuçlarıyla birlikte ele alınması önem taşımaktadır. Bu doğrultuda OAE, özel gereksinimli çocuklara yönelik işitme tarama protokollerinde tek başına bir tanı aracı olarak değil; çok boyutlu ve bütüncül değerlendirme yaklaşımının temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmelidir.

1.1.4. İşitsel Beyinsapı Cevabı (ABR)

ABR değerlendirmeleri, işitsel uyarılara karşı işitme siniri ve beyin sapı düzeyindeki nöral yapıların oluşturduğu elektrofizyolojik yanıtların

kaydedilmesine dayanan objektif bir değerlendirme yöntemidir. Davranışsal değerlendirme yöntemlerinin güvenilir biçimde uygulanamadığı özel gereksinimi olan çocuklarda kritik bir rol üstlenmektedir.

ABR değerlendirmesi sırasında, kafa derisine ve kulak çevresine yerleştirilen yüzey elektrotları aracılığıyla, genellikle klik, tone burst ya da chirp uyaranlara karşı oluşan nöral yanıtlar kaydedilmektedir. Elde edilen dalga formları (özellikle I–V dalgaları), işitsel sinirden beyin sapına uzanan yol boyunca nöral iletimin bütünlüğü hakkında bilgi sağlamaktadır. Klinik uygulamada ABR, psikofiziksel işitme eşiklerinin tahmininde, işitsel sistemde anomalilerinin belirlenmesine ve işitsel nöropati spektrum bozukluğu gibi durumların ayırt edilmesine olanak tanımaktadır (Young vd., 2023).

Tarama programlarında sıklıkla kullanılan Tarama ABR, önceden tanımlanmış algoritmalar aracılığıyla yanıtların otomatik olarak analiz edilmesini sağlamak ve “geçti/kaldı” temelli sonuçlar sunmaktadır (Stapells, 2000). Tarama ABR’nin kısa sürede uygulanabilmesi ve klinisyen katkısının düşük olması nedeniyle yenidoğanlar ve yüksek riskli özel gereksinim grupları için uygun bir tarama aracıdır. Bununla beraber, bebeklik dönemi dışındaki özel gereksinimli çocuklarda, yenidoğan tarama programlarında kullanılan tarama ABR yöntemleri tanısal değerlendirme için yeterli duyarlılığı sağlamadığından, işitme değerlendirmelerinde klinik ABR ölçümleri ile ayrıntılı olarak yapılmalıdır.

Özel gereksinimi olan çocuklarda ABR değerlendirmesinin en önemli avantajlarından biri, çocuğun aktif katılımını gerektirmemesi ve davranışsal yanıtlardan bağımsız olarak güvenilir veri sunabilmesidir. Zihinsel yetersizlik, otizm spektrum bozukluğu, çoklu yetersizlikler ve nörolojik sorunların eşlik ettiği durumlarda, ABR ölçümleri işitme eşiklerinin belirlenmesinde ve santral işitsel yol bütünlüğünün değerlendirilmesinde temel yöntemler arasında yer almaktadır (Ting vd., 2024). Ayrıca ABR, OAE yanıtlarının mevcut olduğu ancak işitsel sinir düzeyinde iletim bozukluğu bulunan olgularda tanısal açıdan ayırt edici bilgi sunmaktadır.

Bununla birlikte, ABR ölçümlerinin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Uzun test süresi, hareketten kaynaklanan artefaktlara karşı duyarlılık ve bazı çocuklarda doğal uyku ya da sedasyon gereksinimi, yöntemin uygulanabilirliğini sınırlayabilmektedir. Ayrıca işitme sistemini bütünüyle değerlendirmemektedir. Tüm bu nedenlerle ABR, işitme tarama ve değerlendirme süreçlerinde tek başına yeterli bir yöntem olarak görülmemelidir.

Sonuç

Özel gereksinimi olan çocuklar, heterojen yapıları ve bireysel farklılıkları nedeniyle işitme taramaları açısından standart değerlendirme yaklaşımlarının çoğu zaman yetersiz kaldığı bir popülasyonu oluşturmaktadır. Bu grupta işitme kaybı, mevcut gelişimsel güçlüklerle birleştiğinde dil, biliş, iletişim ve sosyal katılım alanlarında olumsuz etkileri artıran ikincil bir risk faktörü hâline gelmektedir. Bu nedenle özel gereksinimli çocuklarda işitme taramalarının, yaşa, gelişimsel profile ve risk faktörlerine duyarlı; objektif ve çok boyutlu değerlendirme yöntemlerini içeren bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir (ASHA, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü, işitme sağlığını küresel halk sağlığı öncelikleri arasında tanımlamakta ve erken tanı ile müdahaleyi temel bir sağlık hakkı olarak kabul etmektedir. Dil, biliş ve iletişim becerilerinin yanı sıra psikososyal refahı da doğrudan etkileyen işitme kaybı, zamanında saptanmadığında bireylerin yaşam kalitesinde ciddi düşüslere yol açabilmektedir (Olusanya, 2015; WHO, 2021b). İşitme kaybının erken dönemde belirlenmesi, fırsat eşitliğinin sağlanması ve sosyal katılımın desteklenmesi açısından kritik bir öneme sahip olup; erken tanı sayesinde bireyin eğitimsel, sosyal ve mesleki gelişimini olumsuz etkileyebilecek engellerin azaltılması mümkün olmaktadır. Bu durum, özellikle dezavantajlı gruplarda uzun vadede sosyal dışlanma, eğitim kayıpları ve istihdam güçlüklerinin önlenmesine katkı sağlamaktadır (WHO, 2021a).

Halk sağlığı perspektifinden değerlendirildiğinde, evrensel işitme tarama programlarının sağlıkta eşitsizlikleri azaltmada etkili olabilmesi için erişimin yaygınlaştırılması, kültürel ve dilsel uygunluğun gözetilmesi ve risk altındaki topluluklara yönelik hedef odaklı izlem politikalarıyla desteklenmesi gerekmektedir (WHO, 2021a). Bu bağlamda, özel gereksinimli çocuklara yönelik işitme tarama programlarının geliştirilmesi ve sistematik biçimde uygulanması; yalnızca bireysel düzeyde yaşam kalitesini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda toplumsal katılımı güçlendiren ve uzun vadeli kazanımlar sağlayan önemli bir halk sağlığı yatırımı olarak değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- American Academy of Audiology. (2011). Childhood hearing screening guidelines. American Academy of Audiology. <https://audiology.org> . Erişim Tarihi: 20.11.2025
- American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). (2004). *Guidelines for the audiologic assessment of children from birth to 5 years of age*.
- American Speech-Language-Hearing Association. (2023). Childhood hearing screening. <https://www.asha.org/practice-portal/professional-issues/childhood-hearing-screening>
- Baş, N., Turan, Z., & Uzuner, Y. (2019). Ulusal Yenidoğan İşitme Tarama Programı'nın aile ve sağlık çalışanları görüşlerine göre incelenmesi: Durum Araştırması. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 7(1), 134-160. DOI: 10.14689/issn.2148-2624.1.7c1s.6m
- Chen, H.-C., Wang, N.-M., Chiu, W.-C., Liu, S.-Y., Chang, Y.-P., Lin, P.-Y., & Chung, K. (2014). A test protocol for assessing the hearing status of students with special needs. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 78(10), 1677–1685. DOI: 10.1016/j.ijporl.2014.07.018
- Ching, T. Y. C., Dillon, H., Leigh, G., & Cupples, L. (2018). Learning from the Longitudinal Outcomes of Children with Hearing Impairment (LOCHI) study: Summary of 5-year findings and implications. *International Journal of Audiology*, 57(2), 105–111. <https://doi.org/10.1080/14992027.2017.1385865>
- Danyluk, A., & Jacob, R. (2023). Hearing Loss Diagnosis and Management in Adults with Intellectual and Developmental Disabilities. *Advances In Medicine*, 6825476. <https://doi.org/10.1155/2023/6825476>.
- Hall, J. W. (2016). Objective assessment of hearing. Plural Publishing.
- Herer, G. R. (2012). Intellectual Disabilities and Hearing Loss. *Communication Disorders Quarterly*, 33(4), 252-260. <https://doi.org/10.1177/1525740112448214>
- Jerger, J. (1970). Clinical experience with impedance audiometry. *Archives of Otolaryngology*, 92(4), 311-324
- Nozza, R. J., Bluestone, C. D., Kardatzke, D., & Bachman, R. (1994). Identification of middle ear effusion in children by aural acoustic admittance and otoscopy. *Ear and Hearing*, 15(4), 310-323.
- Olusanya, B. O. (2015). Screening for neonatal deafness in resource-poor countries: Challenges and solutions. *Audiology Medicine*, 3(3), 141–147. <https://doi.org/10.2147/RRN.S61862>.
- Park, A. H., Wilson, M. A., Stevens, P. T., Harward, R., & Hohler, N. (2012). Identification of hearing loss in pediatric patients with Down syndrome.

- Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 146(1), 135–140. <https://doi.org/10.1177/0194599811425156>
- Shanks, J. E., & Shohet, J. A. (2009). Tympanometry in clinical practice. In *Handbook of Clinical Audiology* (6th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Stapells, D. R. (2000). Threshold estimation by the tone-evoked auditory brainstem response: A literature meta-analysis. *Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 24(2), 74-83
- Ting, F. N., Kiing, J. S. H., Li, W. W., Chan, Y. H., Loo, J. H. Y., & Kang, Y. Q. (2024). Prevalence and profiles of late-onset hearing loss in preschool children with autism spectrum disorder who passed newborn hearing screening in a South East Asian population. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 54, 3336–3346. <https://doi.org/10.1007/s10803-023-06060-0>
- Trudeau, S., Anne, S., Otteson, T., Hopkins, B., Georgopoulos, R., & Wentland, C. (2021). Diagnosis and patterns of hearing loss in children with severe developmental delay. *American Journal of Otolaryngology–Head and Neck Medicine and Surgery*, 42(2021), 102923. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2021.102923>
- Van Naarden Braun, K., Christensen, D., Doernberg, N., Schieve, L., Rice, C., Wiggins, L., Schendel, D., & Yeargin-Allsopp, M. (2015). Trends in the prevalence of autism spectrum disorder, cerebral palsy, hearing loss, intellectual disability, and vision impairment, metropolitan Atlanta, 1991–2010. *PLoS ONE*, 10(4), e0124120. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124120>
- Wiley, T. L., Stoppenbach, D. T., Feldman, A. S., & Green, J. D. (1987). Acoustic immittance measures in normal ears. *Journal of Speech and Hearing Research*, 30(2), 161-170.
- World Health Organization (WHO). (2021a). *World report on hearing*. WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020481> Erişim Tarihi: 11.11.2025
- World Health Organization (WHO). (2021b). *Hearing screening: Considerations for implementation*. WHO. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240032767> Erişim Tarihi: 11.11.2025
- Young, A., Cornejo, J., & Spinner, A. (2023). Auditory brainstem response. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Şiddet Eğitimi ve Merhamet Duygusu

Meryem Fırat¹

Burcu Demir Gökmen²

Mine Cengiz³

Özet

Bu araştırma şiddete yönelik verilen ayrıntılı eğitimin merhamet duygusu üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla randomize kontrollü araştırma olarak yapıldı. Araştırma Eylül–Aralık 2023 tarihleri arasında Türkiye’nin doğusunda bir ilde sağlık bilimleri fakültesinde eğitim alan ve araştırmaya katılmayı kabul eden 67 hemşirelik öğrencisi ile yapılmıştır. Verilerin toplanmasında “Kişisel Bilgi Formu” ve “Merhamet Ölçeği” kullanıldı. Araştırmanın yapılabilmesi için ilgili kurumdan etik kurul, kurum ve ölçek kullanım izni alındı. Deney grubunda yer alan öğrencilere rutin eğitimleri haricinde, haftada iki saat süre ile toplam 10 hafta şiddete yönelik eğitim verildi. Kontrol grubunda ise rutin hemşirelik eğitimleri devam etti. Şiddet eğitimi başlamadan önce ve sonra toplanan veriler SPSS programı ile değerlendirilmiştir. Yüzdelik, ortalama, Ki Kare testi ve ANCOVA uygulanmıştır. Araştırma kapsamına alınan deney ve kontrol grubunda bulunan 67 kişinin %85,1’ini kadınlar oluşturmaktadır. %77,6’sı çekirdek ailede yaşamakta, %76,1’inin annesi, %50,7’sinin babası ilk ve ortaöğretim mezunu ve son olarak %83,6’sının gelirinin giderine denk olduğu bulunmuştur. Deney ve kontrol grubunun birbirine denk olduğu belirlenmiş ve son olarak yapılan ANCOVA analizi ile şiddete yönelik eğitimin, merhamet duygusu üzerinde etkili olmadığı bulunmuştur. Şiddet eğitimlerinin etkilemediği merhamet duygusunun geliştirilmesi için farklı girişimler denenmelidir.

- 1 Doç. Dr. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Erzincan Türkiye. meryem.firat@erzincan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4193-2299>
- 2 Doç. Dr. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ağrı, Türkiye. burcudmr04@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-2058-8924>
- 3 Öğr. Gör. Dr. Atatürk Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Erzurum Türkiye. mine.cengiz@atauni.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-2066-3464>

Giriş

Orantısız güç kullanımının olduğu, her iki tarafa da zarar veren şiddet temelde mağdurun bedensel veya ruhsal açıdan zarar gördüğü, güç ve baskı uygulanması olarak tanımlanabilir. Dünya sağlık örgütünün tanımı incelendiğinde ise “kendisine, başkasına, bir gruba veya topluma karşı kasti olarak fiziksel baskı veya güç kullanmak, tehdit etmek veya fiiliyata geçirmek, yaralama, ölüm, psikolojik zarar, gelişim bozukluğu veya mahrum bırakmaya neden olmak veya bu durumların gerçekleşme ihtimalini artırmaktır.” tanımı ile karşılaşılmaktadır (Sur, 2021). Şiddet her ne kadar istenmese de geçmişten günümüze hayatımızda hep var olmuş durumdadır. Üzücü olan kısımlarından biri ise şiddetin sağlık sistemi içerisinde artık görmezden gelinemeyecek boyuta gelmesidir. Sağlık çalışanları arasında en büyük orana sahip olan hemşirelerde bu şiddet olaylarından payına düzeni almaktadır. Şiddetin önlenmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır ve bunlardan biride farkındalık oluşturabilmek için çeşitli şiddet eğitimlerinin verilmesi yer almaktadır (Sargın, 2020; Bacioğlu, 2014). Eğitimler içeriğinde şiddet tanımı, türleri gibi kavramsal bilgilerin yanı sıra nasıl önenebileceği, şiddet durumunda nerelere başvurulacağına dair bilgilerde bulunmaktadır. Birçok bölümde olduğu gibi hemşirelik bölümü eğitim programı içerisinde de yer alabilen derslerden biridir aslında. Hem meslek eğitimi kapsamında hem bu farkındalık eğitimleri nedeni ile şiddete yönelik birçok eğitim programına katılan kişilerde nasıl bir farkındalık oluştuğuna dair soru işareti oluşturmuştur. Çünkü sadece çalışma yaşamı alanında değil sosyal medyada gelişigüzel yapılan kötü yorumlar, gerçek hayatta bazı insanların kendilerine benzemeyen, kendilerinden farklı olan insanlara yaptıkları zorbalıkların altında merhamet ve empati yoksunluğunun olduğunu düşündürmektedir (Serin ve ark. 2015; Davran ve ark. 2022).

Günümüzde pozitif psikolojinin ivme kazanması ile birçok kavram eskiye oranla daha fazla dikkat çekmiş ve çalışmaya başlanmıştır. Merhamet kavramı da bu kavramlardan sadece biridir. Empati kavramını çok daha fazla konuşulup çalışılırken merhamet kavramına daha uzak durulmuştur. Önceden empati içeriğinde olduğu, ölçümünün zor olduğu gerekçesi ile göz ardı edilmiştir.

Merhamet empatiden, acımdan farklı olarak değerlendirilmektedir, çünkü empati karşı tarafı anlamayı içermekte, acıma kavramı ise üstünlük duygusunu içermektedir. Daha ayrıntılı bakacak olursak merhamet; başkasının acısının kaynağını anlama ve bu acıyı giderme isteği ile bilişsel ve davranışsal süreci içerisinde barındırır (Akdeniz ve Deniz,2016). Empati ise başkalarının acılarını anlamaya yöneliktir ancak bu acıları gidermeye yönelik

bir eylem içermemektedir (Boellinghaus, Jones ve Hutton, 2013). Doğru geleneklerinde merhamet; zihnimizi korku, kızgınlık, kıskançlık ve intikam gibi yıkıcı duygulardan arındırmanın temel yolu olarak değerlendirilmektedir (Goleman, 2003). Merhamet çok yönlü bir kavramdır. Sevgi, saygı, hoşgörü, güven, sabır, sorumluluk, ve duyarlılık gibi birçok değer merhametin parçalarını oluşturmaktadır. Hasta bakımında kilit rol oynayan hemşirelerde de merhametin gelişmiş olması, hastaya bu şekilde yaklaşması istenmektedir.

Bu bağlamda, şiddet eğitiminin merhamet düzeyine olan etkisi iki yönlü değerlendirilebilir: Birincisi, şiddeti teşvik eden eğitim yaklaşımlarının merhamet üzerinde baskın bir etki yaratıp yaratmadığı; ikincisi ise merhamet odaklı müdahalelerin saldırganlığı ve şiddeti azaltıcı etkilerinin varlığıdır. Literatürde daha fazla yer alan ikinci yaklaşım; merhamet geliştirici eğitimlerin, bireylerin saldırgan tutum ve davranışlarını zayıflattığını ve merhamet ile şiddet arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir (Demirtaş 2024). Bu nedenle şiddet temelli eğitimin merhamet üzerinde nasıl bir etki yarattığını ve bu etkileşimin olası mekanizmalarını sorgulamayı amaçlamaktadır. Ayrıca alan yazında sıkça gözlenen merhamet-saldırganlık ilişkisinin dinamiklerini sorgulayarak, eğitim tasarımıyla yönelik öneriler sunmayı hedefler.

YÖNTEM

Hemşirelik öğrencilerine verilecek olan şiddete yönelik eğitimin merhamet düzeyleri üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacı randomize kontrollü olarak planlanmış ve yapılmıştır.

Evren ve örneklem seçimi: Araştırmanın evrenini Türkiye'nin doğusunda ki bir üniversitenin Sağlık Bilimleri Fakültesi 4. Sınıf öğrencileri oluştururken, örneklemine fakültenin 4. sınıf hemşirelik bölümü öğrencileri oluşturmaktadır. Şiddet eğitimi alan 4. Sınıf öğrencileri deney/girişim grubunu, almayan öğrenciler ise kontrol grubunu oluşturmuştur.

Eğitim Girişimi: Araştırmada Şiddet eğitimi alan deney grubu öğrencilerine 10 haftalık bir eğitim programı uygulanarak yapılmıştır. Eğitim programı başlamadan önce araştırma hakkında bilgilendirme yapılmış ve kabul edenlerle online platformda (whatsapp) iletişim grubu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu gruptan öğrencilerin doldurması için “Kişisel bilgi formu” ve “Merhamet ölçeği” paylaşılmış, eğitim başlamadan önce ön test olarak doldurmaları istenmiştir. Aynı şekilde eğitimi almayan araştırmaya katılmayı kabul eden, kontrol grubunda bulunan öğrencilerle de online (whatsapp) iletişim grubu oluşturulmuş ve ön test uygulanmıştır. Deney grubunda bulunan öğrencilere 10 hafta süre ile aşağıdaki eğitim

planına uygun şiddete yönelik kapsamlı bir eğitim uygulanmıştır. Eğitimin içeriğinde 3 öğretim üyesi kendi alanına uygun konu anlatımlarını, 3 avukat konuların yasal yönlerini anlatmış ve 6 sağlık çalışanı ise karşılaştıkları şiddet olaylarını anlatarak söyleşi yaparak eğitim programında yer almıştır. Bunların yanı sıra eğitim kapsamında 3 kısa film gösterimi yapılmıştır.

Hafta halinde uygulanan eğitim konuları

1. Şiddet nedir? Şiddet etiyojisi (Öğretim üyesi tarafından)
2. Çocuk ve gençlerde şiddet (Öğretim üyesi tarafından)
3. Yaşlılar ve engellilerde şiddet (Öğretim üyesi tarafından)
4. Dezavantajlı gruplarda şiddette yasal yönler (Alanında uzman bir avukat tarafından)
5. Kadına yönelik şiddet (Öğretim üyesi tarafından)
6. Kadına yönelik şiddette yasal yönler (Alanında uzman bir avukat tarafından)
7. Mobbing (Öğretim üyesi tarafından)
8. Sağlık çalışanları ile şiddet söyleşisi (6 hemşirenin katılımı ile)
9. Mobbingde yasal yönler (Alanında uzman bir avukat tarafından)
10. Şiddetin önlenmesinde bireysel ve toplumsal önlemler (Öğretim üyesi tarafından)

10 haftalık eğitim sonrasında deney ve kontrol grubundaki öğrencilerle yine online platform aracılığı ile “Kişisel bilgi formu” ve “Merhamet ölçeği” paylaşılmış ve son test uygulanmıştır.

Veri toplama araçları:

Kişisel Bilgi Formu: Araştırmaya katılan öğrencilerin demografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, araştırmacılar tarafından literatür taramaları ile oluşturulmuştur.

Merhamet Ölçeği (MÖ): Pommier tarafından 2011 yılında geliştirilmiştir. Bu ölçek ilişki kesme, bilinçli farkındalık, bağılantısızlık, paylaşımların bilincinde olma, sevecenlik ve umursamazlık olmak üzere altı alt boyuttan oluşmaktadır. Beşli likert tipi olan ölçek 24 maddeden oluşmaktadır. Ölçek için altı boyutun varlığı doğrulayıcı faktör analizi ile doğrulanmıştır. Ölçeğin alt boyutunda ter alan sorular şu şekildedir: Sevecenlik: 6., 8., 16. ve 24.; Umursamazlık: 2., 12., 14. ve 18. (Tersten Puanlama); Paylaşımların Bilincinde Olma: 11., 15., 17. ve 20.; Bağılantısızlık: 3., 5., 10. ve 22.

(Tersten Puanlama); Bilinçli farkındalık: 4., 9., 13. ve 21.; İlişki Kesme: 1., 7., 19. Ve 23. (Tersten Puanlama) sorulardan oluşmaktadır. Toplam Merhamet puanı için tersten puanlama yapılan alt boyutları puanladıktan sonra tüm alt boyutların toplamını alınır. Alt boyutları ayrı ayrı puanlamak gerektiği durumlarda tersten puanlama yapılmaz. Ölçeğin Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışması Akdeniz ve Deniz (2021) tarafından yapılmış olup Cronbach Alfa değeri .850 olarak belirlenmiştir.

Verilerin analizi: Çalışmanın veri çözümleme aşamasında tanımlayıcı istatistikler için sayı, ortalama ve yüzde kullanılmıştır. Farkların aranmasında ise ANCOVA (kovaryans analizi) kullanılmıştır. ANCOVA öncesi ANCOVA testine ilişkin varsayımlar kontrol edilmiştir. ANCOVA testi ön koşullarından biri olan normallik varsayımı Shapiro-Wilk testi ile sınanmış ve normal dağılımın tüm alt gruplardaki bağımlı değişken dağılımları için sağlanmıştır ($p>0.05$). İkinci ön koşul olarak tüm alt gruplara ait varyansların homojenliği Levene's Test Equality of Error Variances ile test edilmiş ve anlamlılık için $p>0.05$ baz alınmıştır. Levene's testi sonucuna göre $p>0.05$ şartı sağlanmıştır. ANCOVA için üçüncü ön koşul olarak ortak değişken (ön test) ile bağımlı değişken (son test) arasında anlamlı doğrusal ilişki olmasıdır. ANCOVA için dördüncü önkoşul olarak ortak değişken (ön test) ile bağımsız değişken (grup) ilişkisinin olmaması gerekmektedir. Yapılan Pearson korelasyon analizine göre ortak değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkinin anlamsız olduğu belirlenmiştir ($r=.028$; $p>0.05$).

Bir diğer ön koşul olan regresyon doğrularının homojenliğinin sağlanabilmesi için ortak değişken ile bağımsız değişken ortak etkisinin anlamsız olması gerekmektedir. Yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre $p>0.05$ olduğundan regresyon doğrularının homojenliği ön şartının sağlandığı anlaşılmıştır. Bu bulguya göre hem deney hem de kontrol grubunda ön test ile son test puanlarının değişimi birbirine benzerdir. Bu bulgular doğrultusunda veri setinin ANCOVA analizi yapmak için gerekli ön koşulları sağladığı belirlenmiştir. Buna dayanarak bu çalışmanın hipotezi şu şekilde oluşturulmuştur.

H_0 = Deney ve kontrol gruplarının ön test puanlarına göre düzeltilmiş son test ortalamaları aynıdır ($P>0.05$ ise H_0 = Kabul; $p<0.05$ ise H_0 = Red)

BULGULAR

Araştırma kapsamına alınan deney ve kontrol grubunda bulunan 67 kişinin (43 deney+24 kontrol) %85,1'ini kadınlar oluşturmaktadır. %77,6'sı çekirdek ailede yaşamakta, %76,1'inin annesi, %50,7'sinin babası

ilk ve ortaöğretim mezunu ve son olarak %83,6'sının gelirinin giderine denk olduğu bulunmuştur.

Tablo 1. Deney ve kontrol gruplarının sosyodemografik dağılımları

		Deney grubu		Kontrol grubu		Toplam	
		n	%	n	%	n	%
Cinsiyet	Kadın	38	66,7	19	33,3	57	85,1
	Erkek	5	50,0	5	50,0	10	14,9
	Toplam	43	64,2	24	35,8	67	100
Aile yapısı	Çekirdek aile	33	63,5	19	36,5	52	77,6
	Geniş aile	10	66,7	5	33,3	15	22,4
	Toplam	43	64,2	24	35,8	67	100
Anne eğitim	İlk ve Orta öğretim	29	56,9	22	43,1	51	76,1
	Lise	7	100	0	0	7	10,4
	Üniversite ve üzeri	7	77,8	2	22,8	9	13,4
	Toplam	43	64,2	24	35,8	67	100
Baba eğitim	İlk ve Orta öğretim	20	58,8	14	41,2	34	50,7
	Lise	7	77,8	2	22,2	9	13,4
	Üniversite ve üzeri	16	66,7	8	33,3	24	35,8
	Toplam	43	64,2	24	35,8	67	100
Gelir düzeyi	Gelir<Gider	5	62,5	3	37,5	8	,9
	Gelir=Gider	35	62,5	21	37,5	56	83,6
	Gelir>Gider	3	100	0	0	3	4,5
	Toplam	43	64,2	24	35,8	67	100

Eğitim öncesi ve sonrasında öğrencilerin şiddete yönelik bazı düşünceleri aşağıda aktarılmıştır. Eğitimden önce %85,1'i şiddetin engellenebileceğine inanırken bu oran eğitim sonrasında %68,7'ye düşmüştür. %25,4'ü daha önce fiziksel şiddet, %32,8'i ise daha önce psikolojik şiddet uyguladığını ifade etmiştir. Eğitim sonrasında ise %31,3'ü fiziksel şiddet uyguladığını %35,8'i psikolojik şiddet uyguladığını ifade etmiştir. %38,8'i daha önce fiziksel şiddete maruz kaldığını, %67,2'si ise daha önce psikolojik şiddete maruz kaldığını ifade etmiştir. Eğitim sonrasında ise %44,8'i fiziksel şiddete maruz kaldığını %62,7'si psikolojik şiddete maruz kaldığını ifade etmiştir. Son olarak eğitimden önce %85,1'i daha önce birebir şiddete şahit olmuş ve bu oran eğitim sonrasında %82,1'e düşmüştür.

Tablo 2. Eğitim öncesi ve sonrası katılımcıların bazı düşüncelerinin yüzdelik dağılımları

Değişkenler		Eğitim öncesi		Eğitim Sonrası	
		n	%	n	%
Şiddetin engellenebileceğine inanma durumu	Evet	57	85,1	46	68,7
	Hayır	10	14,9	21	31,3
Daha önce fiziksel şiddet uygulama durumu	Evet	17	25,4	21	31,3
	Hayır	50	74,6	46	68,7
Daha önce psikolojik şiddet uygulama durumu	Evet	22	32,8	24	35,8
	Hayır	45	67,2	43	64,2
Daha önce fiziksel şiddete maruz kalma durumu	Evet	26	38,8	30	44,8
	Hayır	41	61,2	37	55,2
Daha önce psikolojik şiddete maruz kalma durumu	Evet	45	67,2	42	62,7
	Hayır	22	32,8	25	37,3
Daha önce şiddetin herhangi birine birebir şahit olma durumu	Evet	57	85,1	55	82,1
	Hayır	10	14,9	12	17,9

Deney ve kontrol gruplarının ön test puanlarına göre düzeltilmiş son test ortalamaları incelendiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir $F(1,63)=.009$; $P=.923$; $\eta^2=.000$; H_0 =Kabul. Bu bulgu deney ve kontrol gruplarının ön test puanları aynı noktadan başladığında son test puan ortalamaları arasında istatistiksel bir farklılık olmayacağı anlamına gelmektedir. Öğrencilere verilen şiddet eğitimi öğrencilerin merhamet düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime yol açmamıştır.

Tablo 3. Deney ve kontrol gruplarının ön test puanlarına göre düzeltilmiş son test ortalamaları aynıdır (ANCOVA analizi)

	Kareler özeti	df	X	F	Anlamlılık	η^2 (Kısmi Eta kare)
Düzeltilmiş model	204.341	2	102.171	4.818	.011	.133
Merhamet ön test	203.094	1	203.094	203.094	.003	.132
Grup	.200	1	.200	.009	.923	.000
Hata	1335.977	33	21.206			
Toplam	340667.000	66				
Düzeltilmiş toplam	1540.318	65				

TARTIŞMA

Şiddet, her yaştan, kültürden ve dünyanın her yerinde karşılaşılan önemli bir toplumsal sorundur. Son yıllarda şiddet konusuna ilişkin uzmanların artan bir ilgisi vardır. Bunun nedeninin ise içinde bulunduğumuz yaşam şartlarının giderek zorlaşması, değerlerin yozlaşması, ben nesli ve narsizimin artmasıyla birlikte zorbalık, şiddet, suç, duyarsızlık, taciz, istismar gibi önemli sorunlarında toplumda giderek yaygınlaştığı belirtilmektedir (Twenge ve Campbell, 2010). Toplumda, ailede, okulda, işyerinde, ekranlarda ve sağlık kurumlarında bir şekilde şiddetle karşılaşmak oldukça günceldir (Nas ve Kardaş 2022).

Toplumlar şiddeti azaltmaya yönelik çeşitli girişimler uygulamaktadır ve bu girişimler başta genç nesil olmak üzere toplumun tüm üyelerini içermektedir. Şiddeti azaltmaya yönelik neler yapılmakta sorusunun cevabı olarak cezalandırmalar, yaptırımlar ve şiddete yönelik bilgilendirmelerle farkındalık oluşturulması sayılabilecek ilk başlıklardır. İleri düzey uygulamalarda uzman psikiyatri çalışanları ile terapiye yönelik girişimler bulunmaktadır ki oldukça olumlu sonuçlarla da karşılaşılmaktadır. Ancak uygulanan cezalar bazen sadece davranışı geciktirmekte, bazen devlete ciddi bir maddi yük oluşturmakta, bazen de buna kanunlar izin vermemektedir. Terapiler ele alındığında ise terapiye ihtiyacı olan çok büyük bir kitle, terapiyi uygulayabilecek kitleye oranla çok büyük kalabilmektedir. Dolayısı ile iş yükü açısından pek olası değildir. Tüm bu nedenlerle en kolay ve ulaşılan insan sayısı en fazla genel toplum içinde uygulanan çeşitli şiddet eğitimlerine dikkat çekmektedir. Çok yoğun şiddet eğitimi kişinin duyarsızlaştırarak merhamet duygusundan uzaklaşabileceği sorusunu akla getirmektedir. Terazinin

diğer kefesinde bulunan merhamet duygusunun gelişimi daha çocukluk dönemine dayanmaktadır. Fakat zaman içerisinde insanlar değişebilmekte ve merhamet duygusu gelişebilmektedir. Özellikle farkındalık temelli özşefkat eğitimlerinde merhamet duygusunun da geliştiği görülebilmektedir (Nas ve Kardaş 2022, Watts ve ark., 2021, Kılıç ve ark 2024). Acıyı hafifletmek için kişinin kendisinin duygusal ihtiyaçlarını karşılamasına teşvik eden özşefkat duygusu ve başkalarının duygusal ihtiyaçlarını karşılamasına teşvik eden merhamet duygusu doğası gereği bu zararlı olan saldırganlık ve şiddet gibi sosyal normlara meydan okur (Germer ve Neff, 2013). Aslında basit bir denklemle şiddet azaldıkça merhamet artmakta ya da merhametin artmasıyla şiddet azalmakta denilebilir.

Bu soruların cevaplarının verilebilmesi için yapılan bu araştırmada ayrıntılı şiddet eğitimi uygulanmış ve merhamet düzeyi ölçülmeye çalışılmıştır. 10 hafta süresince alanında uzman kişiler tarafından verilen kapsamlı bir şiddet eğitimi sonrasında katılımcıların merhamet düzeylerinin değişmediği bulunmuştur ($p>0,05$). Bu durum bize bireylerin şiddet hakkında daha bilgili ama daha mekanik bir hale geldiklerini düşündürmektedir. Aktarılan vaka örnekleri, söyleşi ile empati aracılığı ile merhametin değişiklik gösterebileceği beklenirken aynı kalması şaşırtıcı olmuştur. Araştırmada eğitim içeriğinde merhamet duygusunun gelişimini destekleyecek bilgiler sunulmuştur. Ancak öz şefkat gelişimini destekleyecek yapılandırılmış nitelikte bir eğitim verilmemiştir. Alan yazındaki merhamet duygusunun gelişimini destekleyen çalışmalarda verilen eğitimlerin doğrudan şefkatli yaşamı destekler nitelikte olmasından dolayı sonuçları etkilediği düşünülmektedir (Nas ve Kardaş 2022, Watts ve ark., 2021, Kılıç ve ark. 2024; Anggasta ve Dharswani, 2023; Seekis ve ark. 2023; Randhawa ark Vella-Brodrick, 2025). Ülkemizde bire bir şiddete yönelik bir eğitim programını verildiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Özdemir ve Ertekin Pınar, 2024, Bahadır Yılmaz ve Yüksel, 2023). Bu çalışmalarda da şiddet eğitiminin şiddete etkisi (Özdemir ve Ertekin Pınar, 2024; Bahadır Yılmaz ve Yüksel, 2023) ya da merhamet eğitiminin şiddete etkisi (Nas ve Kardaş 2022) incelenmiştir. Ancak literatürde farklı psikoeğitim ve farkındalık eğitimleri ile öfke kontrolü, saldırganlık ya da olumsuz duygularla başa çıkma stratejileri, duygu yönetimi ya da olumlu duygu, düşünce ve becerilerin geliştirilmesine, çatışma-problem çözmeye yönelik eğitimlerin tasarlandığı çalışmalarda şiddet ve merhametin değerlendirildiği yayınlar vardır (Choi ve Ahn, 2021; Şahin Altun ve Ekinci, 2015; Can Gürkan 2020; Erenoğlu ve Can, 2020; Tokur Kesgin ve Hançer, 2023; Uysal ve Bayık Temel, 2009). Bu çalışma sonuçlarının ise karışık olduğu dikkat çekmektedir. Ayrıca verilecek eğitimlerin davranış geliştirmeye yönelik olması da daha etkili olabilir. Şiddet konusunda çeşitli

kaynaklarda duyarsızlaşma dediğimiz bir kavrama değinilmiştir. Kişi bir durumla çok fazla karşılaşınca o durumun artık kanıksanması, sıradanlaşması ve normalleşmesi şeklinde ifade edilebilir. Uygulamanın yapıldığı bu grupta da bu durumun geliştiği ve bu nedenle tüm topluma kolaylıkla uygulanacak başka yöntemlerin bulunması gerektiği kanaatindeyiz.

Türkiye’de eğitim sistemi içerisinde birçok yükseköğretim kurumunda şiddete yönelik dersler bulunmaktadır. Özellikle sağlık alanında çalışan bireylerde şiddete yönelik bilgilendirmelerin ağırlıklı bulunduğu bölümlerdir. Çünkü şiddeti tanımak ve sonrasında ona müdahaleye yapmak için öncelikle şiddeti tanımalıdır. Ancak hem hastane ortamı nedeni ile hem de sosyal ortamda yoğun bir şekilde şiddetle karşılaşan sağlık çalışanı adayların bir yandan duyarsızlaşması bir yandan daha merhametsiz olması mümkün mü? Öğrencilerinde duyarsızlaşarak daha mekanik oldukları düşünülebilir mi? Merhamet duygusu nasıl daha fazla geliştirilebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, verilen şiddet eğitimi öğrencilerin merhamet duygusunda herhangi bir değişikliğe yol açmamıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda, toplumda şiddet konusunda farkındalık yaratmaya yönelik çalışmaların olumlu duygu, düşünce ve davranışları geliştirmeye yönelik daha fazla yapılandırılmış çalışmaların planlanması ve uygulanması önerilmektedir. Bu çalışmalarda çalışma popülasyonuna özgü beklentiler ve sonuçlar ele alınarak girişimlerin tasarlanması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Sur, H. (2021). Sağlık hizmetlerinde bitmek bilmeyen şiddet üzerine usandırıcı bir yazı. https://www.medipol.edu.tr/sites/default/files/document/sd_57-10-13.pdf Tarih 15.10.2025
- Akdeniz, S., & Deniz, M. E. (2016). Merhamet ölçeğinin Türkçeye uyarlanması: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *The Journal of Happiness & Well-Being*, 4(1), 50-61.
- Anggasta, & Amaldeep Dharswani. (2023). Exploring the Impact of Self-Compassion on Adolescent Psychological Well-Being: Insights and Interventions. *Acta Psychologia*, 2(2), 34–39. Retrieved from <https://psychologia.pelnus.ac.id/index.php/Psychologia/article/view/34>
- Bahadır Yılmaz, E., & Yüksel A. (2023). The effect of violence against women education on nursing students' attitudes towards violence, professional attitudes and recognition of the symptoms of violence: Quasi-experimental study. *Türkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*, 15(2), 508-516. <https://doi.org.10.5336/nurses.2022-94829>
- Boellinghaus, I., Jones, F. W., & Hutton, J. (2013). Cultivating self-care and compassion in psychological therapists in training: The experience of practicing loving-kindness meditation. *Training and Education in Professional Psychology*, 7(4), 267–277. <https://doi.org/10.1037/a0033092>
- Can Gürkan, O. (2020). The effect of a domestic violence course on nursing students' recognition of violence symptoms against women and their attitudes toward violence. *Journal of Psychiatric Nursing*, 11(1), 57–63. <https://doi.org.10.14744/phd.2019.82712>
- Choi H-G., & Ahn, S.H. (2021). Effects of a conflict resolution training program on nursing students: A quasi-experimental study based on the situated learning theory. *Nurse Education Today*, 103, 104951. <https://doi.org.10.1016/j.nedt.2021.104951>
- Demirtaş, K. (2024). Yetişkinlerin olumlu çocukluk yaşantılarının merhamet ve saldırganlık düzeyleri üzerindeki etkisi (Yüksek lisans tezi). Topkapı Üniversitesi.
- Erenoğlu, R., & Can, R. (2020). The attitudes of nursing students towards violence against women and occupational role in violence and affecting factors. *Van Journal of Health Sciences*, 13(2), 31–40
- Germer, C. K., & Neff, K. D. (2013). Self-Compassion in Clinical Practice. *Journal of Clinical Psychology*, 69(8), 856–867. <https://doi.org/10.1002/jclp.22021>
- Goleman D., Yüksel B. S., . (2003). Duygusal zeka neden IQ'dan daha önemlidir. İstanbul: Varlık.
- Kılıç, D., Tosun Taşar, P., & Cengiz, M. (2024). The effect of mindfulness-based compassionate living training for informal caregivers of palliative inpa-

- tients on burnout and caregiving burden: a randomized controlled trial. *Health education research*, 39(4), 313–322. <https://doi.org/10.1093/her/cyae005>
- Nas, E. & Kardaş, F. (2022). Merhamet Eğitimi ve Eğitimde Merhamet . *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 11(1), 316-340. Retrieved from <http://www.itobiad.com/tr/pub/issue/68190/894028>
- Özdemir, S., & Ertekin Pınar, Ş. (2024). The effect of education given to university students on attitude towards violence against women conflict and awareness levels. *Kırşehir Ahi Evran University Journal of Health Sciences*, 8(2), 130-156.
- Pommier, E. A. (2011). The compassion scale. *Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences*, 72, 1174.
- Randhawa, A. K., & Vella-Brodrick, D. A. (2025). Online self-compassion interventions and wellbeing outcomes: A systematic review of RCTs. *Mindfulness*, 16(7), 1795–1820. <https://doi.org/10.1007/s12671-025-02606-8>
- Seekis, V., Farrell, L. ve Zimmer-Gembeck, M. (2023). Erken ergenlik dönemindeki çocuklarda refahı artırmak için sınıf tabanlı bir öz şefkat müdahalesi pilot çalışması. *Explore*, 19 (2), 267-270.
- Şahin Altun, O, & Ekinci, M. (2015). The effect of conflict resolution training on the conflict resolution skills of nursing students. *Journal of Psychiatric Nursing*, 6(3), 105–113. <https://doi.org.10.5505/phd.2015.63856>
- Tokur Kesgin, M., & Hançer Tok, H. (2023). The impact of drama education and in-class education on nursing students' attitudes toward violence against women: A randomized controlled study. *Nurse Education Today*, 125, 105779. <https://doi.org.10.1016/j.nedt.2023.105779>
- Twenge, J., Campbell, S., Hoffman, B. and Lance, C. (2010) Generational Differences in Work Values: Leisure and Extrinsic Values Increasing, Social and Intrinsic Values Decreasing. *Journal of Management*, 36, 1117-1142. <https://doi.org/10.1177/0149206309352246>
- Uysal, A., & Bayık Temel, A. (2009). The effect of the education program against violence on students' conflict resolution, tendency to violence and violent behavior. *Journal of Anatolia Nursing and Health Sciences*, 12(1), 20–30.
- Watts, K. J., O'Connor, M., Johnson, C. E., Breen, L. J., Kane, R. T., Choules, K., ... & Yuen, K. (2021). Mindfulness-based compassion training for health professionals providing end-of-life care: Impact, feasibility, and acceptability. *Journal of Palliative Medicine*, 24(9), 1364-1374.
- Sargın, N. (2020). Eğitim hayatında şiddet ve şiddeti önleyici çalışmalar ve sorumluluklar. *İslam Medeniyeti Dergisi*, 6(45), 69-80.

- Bacıoğlu, S. D. (2014). Şiddet ve saldırganlığın azaltılmasında önleme ve müdahale programlarının etkililiği: Meta analiz çalışması. *Turkish Psychological Counseling and Guidance Journal*, 5(42).
- Serin, H., Serin, S., Bakacak, M., & Ölmez, S. (2015). Sağlık Çalışanlarına Yönelik Şiddet. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 24(3), 109-113.
- Davran, M., Elpeze Ergeç, N., Yarpuz Bozdoğan, N., Karacan, O., Veziroğlu Biçer, P. Ü. R. E. N., & Leventeli İkikardeş, M. (2022). Kadına Yönelik Şiddeti Önlemede Eğitimin Önemi: Adana Örneği. *JSHSR*, 9(90).

Pestisitler ve Oksidatif Stres

Naime Çelik¹

Özet

Modern dünyada hastalık kontrolü, tarımsal verim artışı ve estetik beklentilerin yükselmesi nedeniyle pestisitler önemli bir araç hâline gelmiş olsa da, bu maddelerin yol açtığı insan zehirlenmeleri uzun süredir ciddi bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir. İnsanlar dermal maruziyet, inhalasyonla maruziyet, oral alım ve transplasental maruziyet gibi çeşitli çevresel ve mesleki yollarla pestisitlere maruz kalırlar.

Oksidatif stres, reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunun artmasıyla organizmanın bu reaktif molekülleri etkisiz hâle getirme ya da meydana gelen hücresel hasarı onarma kapasitesi arasındaki dengenin bozulması sonucunda meydana gelir. Pestisitlerin biyolojik sistemler üzerindeki toksik etkileri; oksidatif stres indüksiyonu, kolinesterazın inhibisyonu, endokrin bozukluklar, genotoksisite, nörotoksisite, mitokondriyal disfonksiyon, epigenetik modifikasyonlardır. Pestisitler, aşırı reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırarak antioksidan savunma mekanizmalarını bozar; bunun sonucunda hücresel hasar, lipid peroksidasyonu, DNA mutasyonları ve sonunda kanser gelişimi ortaya çıkabilir. Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanların birlikte sergilediği bozulmuş yanıt, mitokondriyal fonksiyon bozukluğuyla birleştiğinde oksidatif dengenin bozulmasını daha da şiddetlendirir.

1. GİRİŞ

Pestisit, gıda, tarım ürünleri, odun ve odun ürünleri veya hayvan yemlerinin üretimi, işlenmesi, depolanması, taşınması veya pazarlanması sırasında zarara neden olan insan veya hayvan hastalıkları vektörleri, istenmeyen bitki veya hayvan türleri de dahil olmak üzere herhangi bir zararlıyı önlemek, yok etmek veya kontrol etmek amacıyla kullanılan herhangi bir madde veya madde karışımı olarak tanımlanır. Hayvanlara vücutlarında veya üzerinde bulunan

1 naime.celik@afsu.edu.tr, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Atatürk Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0002-2270-8312>

böceklerin, araknidlerin veya diğer zararlıların kontrolü için uygulanabilir (FAO, 1986).

1940'ların ortalarından bu yana, küresel pestisit talebi, öncelikle ticari çiftçilik nedeniyle keskin ve istikrarlı bir şekilde artmıştır (Elbially et al., 2021). Aşırı ve kontrolsüz pestisit kullanımı, gıda kontaminasyonunun yanı sıra çevre, tarım ve su kirliliğine de yol açmıştır (Cech et al., 2023). Meyveler, sebzeler, işlenmiş gıdalar, su, hava ve toprak pestisit kalıntıları içerebilir. Tarımsal pestisitlerin ve bunlara beslenme yoluyla maruz kalmanın akut ve kronik sağlık etkileri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi halk sağlığı sorunlarıdır. İnsan sağlığı açısından kimyasal pestisitler kanserojen, sitotoksik ve mutajenik olabilir (Fang et al., 2020). Pestisitlerin etki mekanizması tek bir türe özgü olmadığından, genellikle zararlılar dışındaki insanlar dahil olmak üzere organizmalara zarar verirler. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) raporuna göre, çoğu gelişmekte olan ülkelerde dünya çapında üç milyon kişi pestisitlere maruz kalma nedeniyle zehirleniyor ve yaklaşık 200.000 kişi ölmektedir (Boedeker et al., 2020). Pestisitler sıklıkla hassasiyet olmadan uygulanır ve bu da akut zehirlenmeden beyin kanseri, meme kanseri, prostat kanseri, mesane kanseri ve kolon kanseri gibi çeşitli kanser türlerini içeren kronik hastalıklara kadar insan sağlığı üzerinde bir dizi olumsuz etkiye yol açar (Rani et al., 2020; Singh et al., 2010), Alzheimer hastalığı (AD) (Frisoni et al., 2022), Parkinson hastalığı (Perrin et al., 2021), nörotoksitesite (Sanborn et al., 2007; Wang et al., 2024), kısırlık (Bhardwaj et al., 2020; Foucault et al., 2021), lösemi (Rafeenia et al., 2023) ve diyabet (Hernandez et al., 2022). Ancak pestisitler, tarımsal verimlilik açısından birçok avantaja sahiptir. Zararlıların, hastalıkların ve yabancı otların neden olduğu kayıpları azaltarak ürün veriminin artmasına yardımcı olurlar (Papp et al., 2013; Tudi et al., 2021).

Pestisit alımı esas olarak cilt ve gözler, solunum veya yutma yoluyla gerçekleşir. Yağda çözünen pestisitler ve bir dereceye kadar suda çözünen pestisitler sağlam deri yoluyla emilir. Yaralar ve sıyrıklar deri yoluyla emilimi kolaylaştırabilir. Pestisit buharları veya küçük aerosol damlacıkları akciğerler yoluyla etkili bir şekilde emilir. Daha büyük solunan partiküller veya damlacıklar hava yollarından temizlendikten sonra yutulabilir. Yutma, kontamine gıdaların tüketilmesi veya kontamine mutfak eşyalarının kullanılmasıyla da gerçekleşebilir. Kirlenmiş eller de pestisit alımına yol açabilir (WHO/UNEP, 1990). Mesleki maruziyetler, ekipmanların karıştırılması ve yüklenmesi ile böcek ilaçlarının püskürtülmesi ve uygulanması sırasında meydana gelir. Deri yoluyla maruziyetten kaynaklanan emilim, maruz kalan çalışanlar için en önemli alım yoludur. Akut toksik etkiler kolayca fark edilirken, düşük dozlara uzun süreli maruziyetten kaynaklanan etkileri ayırt

etmek genellikle zordur. Özellikle, gıdalardaki pestisit kalıntılarının düzenli olarak tüketilmesinin etkilerini tespit etmek ve ölçmek zordur (WHO/UNEP, 1990). Genel “pestisitler” terimi 1000’den fazla çeşitli kimyasal maddeyi kapsar ve 1950’lerden beri ekinler ve hayvanlar üzerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Pestisitlerin sınıflandırılması zordur çünkü bir madde farklı kimyasal gruplara ait olabilir, farklı hedeflere ve çeşitli etki mekanizmalarına sahip olabilir (European Commission, 2009).

Oksidatif stres; oksidan–antioksidan dengesinin oksidanlar lehine kayması, lipidlerin oksidasyonu ve serbest radikal ya da reaktif oksijen moleküllerinin yükselmesiyle hücresel zarar oluşması durumudur. Eğer organizmanın oksidatif strese karşı geliştirdiği antioksidan savunma sistemleri yetersiz kalırsa, hücrelerde oksidatif zarar oluşur ve bu durum hücresel işlevlerin ciddi şekilde bozulmasına neden olur. Bu süreç, yaşlanmanın yanı sıra kardiyovasküler patolojiler, maligniteler, sepsis, nörodejeneratif hastalıklar, renal yetmezlik, infertilite ile kas ve karaciğer hastalıkları gibi birçok hastalığın etiyolojik faktörleri arasında gösterilmektedir (Ercan&Fidancı., 2012; Ergönül., 2009; Freeman&Crapo., 1982; Gutteridge&Halliwell., 1993).

Pestisitler, antioksidan seviyelerini ve hücrelerin oksidatif hasardan korunma yeteneklerini azaltan reaktif oksijen türlerinin üretimine yol açar. Uzun vadeli sağlık etkileri, reaktif oksijen türleri ve oksidatif stresten kaynaklanır (Kaur et al., 2019).

2. PESTİSİTLER (Oluşumları ve sınıflandırmaları)

Pestisitler, çeşitli uygulama alanlarına ve zararlı etkilerine göre farklı gruplara ayrılmıştır. Bunlar, kimyasal bileşime göre, vücuda giriş yollarına göre, ticari formülasyonlarına göre ve hedef canlı türüne göre yapılan sınıflandırmalardır. Pestisitler, kimyasal yapılarına göre sınıflandırıldıklarında organik ve inorganik olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Flor, kükürt, klor, oksijen, fosfor ve karbon gibi elementleri içeren bileşikler organik pestisitler olarak tanımlanırken; kükürt ve bakır gibi elementleri içeren bileşikler inorganik pestisitler grubuna dahil edilmektedir. İnorganik pestisitler, bünyelerinde barındırdıkları fonksiyonel gruplara göre karbamatlar, organoklorinler, organofosfatlar, diamidler, neonicotinoidler ve fenoksiller gibi alt sınıflara ayrılabilir. Pestisitlerin büyük bir kısmı kimyasal yapıları ile etki mekanizmaları bakımından benzer özellikler gösterse de, hedefledikleri spesifik biyolojik bölgeler açısından belirgin farklılıklar ortaya koymaktadır (Doğaç et al., 2015; Bilal et al., 2019). Kullanımı en yaygın sınıflandırma metodu, pestisitlerin etki ettikleri organizmalara göre

kategorize edilmesidir (Afify et al., 2010). Dünyada en çok kullanılan ve araştırma konusu olan pestisit grupları ise sırasıyla; herbisitler, insektisitler ve fungusitlerdir (Chowla et al., 2018; Akdoğan et al., 2012).

Tablo 1. Hedef zararlılara göre pestisitlerin sınıflandırılması (Ifeyinwa et al., 2024).

PESTİSİT TÜRÜ	FONKSİYONU	PESTİSİT ÖRNEKLERİ
Herbisitler	Herbisitler, istenmeyen bitki örtüsünü kontrol etmek için uygulanan kimyasallardır	Triazinler, amidler, üre türevleri, sülfonil üre, urasil, karbamatlar, bipiridiller ve dinitroanilinler
İnsektisitler	Böcekleri öldürmek veya önlemek için kullanılan kimyasallardır.	Organofosfatlar, hidrokarbonlar, piretrinler ve karbamatlar
Rodentisitler	Rodentisitler kemirgenleri öldüren pestisitlerdir.	Klorofasinon ve varfarin
Fungusit ve bakterisitler	Mantar ilaçları ve bakteri öldürücüler, mantar ve bakterilerin neden olduğu zararı engeller veya azaltır	Benzimidazoller, diazinler, morfolinler, diazoller ve triazol
Akarisitler	Hayvanlar ve bitkilerle beslenen akarları öldürür	Bifenazat
Algaitler	Yosunları öldürmek ve büyümesini önlemek için kullanılan kimyasal maddeler	Bakır Sülfat
Silvisitler	Odunsu bitkilere karşı kullanılırlar	Tebuthiuron ve kakodilik asit
Larvasitler	Larvaların büyümesini engeller	Metopren ve temefos
Ovisitler	Yumurtaları öldürmek için kullanılır	Benzoksazin
Nematositler	nematodları öldürmek ve bitki parazitleri gibi davranmak için kullanılırlar	Aldikarb ve karbamat
Pisisitler	Bahıklara karşı kullanılırlar	Rotenon, niklosamid ve antimisin A
Kurutucular	Bitkilerin dokularını kurutarak etki eder	Borik asit
Termisitler	Termitleri yok etmek için kullanılırlar	Fiproni ve klorantraniliprol

2. 1. Herbisitler: Zararlılarla mücadeleyle bağlı olarak pestisitlerin bir alt kümesi olan herbisit, besin, su ve ışık için rekabet ederek ürün büyümesini engelleyen, istenmeyen yabancı otları yok etmek veya azaltmak için kullanılan herhangi bir doğal veya kimyasal bileşik olarak tanımlanır (Reddy, 2015).

Günümüzde herbisit kullanımı yalnızca tarımsal uygulamalarla sınırlı olmayıp, aynı zamanda sucul yabancı ot yönetimi, yaban hayatı ekosistemi ve kentsel alanların bakımı gibi tarım dışı uygulamaları da kapsamaktadır (Stallings et al., 2015; Wagner et al., 2017; Rojas et al., 2021). Küresel olarak, bu pestisit, maliyet etkinliği, zaman ve insan emeği tasarrufu ve yüksek yabancı ot kontrol etkinliği gibi çeşitli avantajları nedeniyle diğer pestisitler arasında en yüksek tüketimi göstermektedir (Statista., 2023).

Bazı herbisitler, ökaryotik hücreler için gerekli olan mikrotübül oluşturan tübülün proteinini hedef alarak etki gösterir. Bu maddeler tübüline bağlanarak düzenli hücre bölünmesini engeller. Hücre bölünmesini engelleyen herbisitler, piridinler, benzoik asitler ve dinitroanilinler gibi birçok farklı kimyasal sınıfta bulunabilir. Birçok herbisit, bitkiler için kritik bir mekanizma olan fotosentezi engelleyerek etki gösterir. Triazinler, fenilüreler, nitriller, piridazinler ve fenil karbamatlar gibi azot bazlı maddelerin fotosentezi sınırladığı bilinmektedir. Herbisitler, serbest radikallerin üretimini engelleyerek, fotosentezi engelleyerek, elektron taşıma sistemine zarar vererek ve koruyucu pigmentleri yok ederek çeşitli şekillerde etki gösterir (Corniani et al., 2014; De Roos et al., 2005; Throll et al.). Herbisitler, bitkileri nasıl etkilediklerini belirleyen çeşitli etki mekanizmalarına sahip olabilir.

Herbisitlerin yaygın kullanımı, kalıntılarının adsorpsiyon, akış veya buharlaşma gibi transfer süreçleri yoluyla çevresel kaynaklara girmesine olanak tanır ve bu da belirli kalıntıların doğada kaldığı biyolojik birikime neden olur (Tudi et al., 2021). Bu nedenle, kalıntılara maruz kalma; cilt teması, solunum, yutma gibi çeşitli bulaşma yolları ve kendine zarar verme, kazara maruz kalma, kirli gıda tüketimi veya mesleki temas (örneğin tarım, bahçecilik ve endüstriyel üretim) gibi çeşitli durumlarda meydana gelebilir (Fishel., 2015). Bu maruziyetler, insanları olumsuz etkileyen hedef dışı sonuçlara yol açmaktadır.

Kimyasalların Sınıflandırılması ve Etiketlenmesine İlişkin Küresel Uyumlaştırılmış Sistem (GHS) sınıflandırmasına göre, akut toksisite beş seviyeye ayrılır ve 1. sınıf en ciddi tehlikeyi temsil eder (ChemSafetyPro, n. d.). Herbisitlerin çoğu akut dermal toksisite açısından Kategori 1 olarak sınıflandırılır ve bu da ciddi cilt ve göz tahrişine işaret eder. Herbisit zehirlenmesinin ilk klinik belirtileri, aşırı tükürük salgısı, mide bulantısı, kusma, uyuşukluk veya mukoza yanıkları gibi spesifik olmayan belirtilerdir (NCBI, n. d.-a; NCBI, n. d.-b; NCBI, n. d.-c; NCBI, n. d.-d). Herbisit kaynaklı başlıca öldürücü olmayan etkiler arasında nörodejeneratif bozukluklar, kanser, üreme sistemi bozuklukları, konjenital bozukluklar,

solunum sistemi bozuklukları ve immünolojik bozukluklar yer almaktadır (Hongoeb et al., 2025).

2.2. İnsektisitler: Bulunduğumuz ortamlarda sağlığımızı tehdit eden faktörlerin en başında böcekler gelmektedir. Böcekler insanlarda tiksinti gibi psikolojik etkilere neden olmalarının yanında veba, sarılık ve tifo gibi hastalıkların yayılmasında önemli rol oynarlar. Bunların dışında böcek ısırması insanlarda deride döküntü, kaşıntı ve ağrı gibi şikâyetlere neden olabilmektedir. Tarım ve hayvancılık ve yaşamın birçok alanında böcekleri öldürmek için kullanılan pestisitlere 'İnsektisit' adı verilir. İnsektisitler, herbisitlerin ardından dünyada en yaygın kullanılan ikinci pestisit türüdür (Chowla et al., 2018; Akdoğan et al., 2012; Deveci et al., 2021).

Çok sayıda pestisit, sinir sistemi sinyallerini engelleyerek etki gösterir. Sinyali kesintiye uğratan kimyasallar genellikle güçlü toksinlerdir. Bu gruptan piretrinler ve organoklorinler en önemli insektisitler arasındadır. Lindan ve endosülfan gibi organoklorinler, gama-aminobütirik asit (GABA) kanallarını bloke edebilir ve sinir sistemindeki klorür iyonu (Cl-) akışını engelleyebilir. GABA, merkezi sinir sisteminde nöronal uyarılabilirliğin düzenlenmesinde önemli bir rol oynayan inhibitör bir nörotransmitterdir. Klorür iyon kanalları olan GABA reseptörlerine bağlanarak nörona klorür iyonlarının akışına neden olur. Negatif yüklü klorür iyonlarının bu akışı, nöronu hiperpolarize ederek aksiyon potansiyeli oluşturma olasılığını azaltır ve nöronal aktiviteyi azaltır (Rojashekar et al., 2016; Nauen., 2006, Elbert et al., 2008).

Ayrıca, kolinesteraz ve kitin sentezi inhibitörleri böcek öldürücü olarak önemli bir rol oynar. Böcek öldürücülerdeki organofosfor, asetilkolinesterazın (AChE) esteratik aktif bölgesini fosforile eder; AChE, sinir uyarılarının iletilmesinde rol oynayan bir nörotransmitter olan asetilkolinin parçalanmasından sorumludur (Sanga&Okonkwo., 2016). Organofosforlu böcek öldürücüler gibi karbamatlar da AChE enzimini inhibe etse de, her ikisi de böcek öldürücü etkilerini kolinesteraz inhibitörleri aracılığıyla gösterir. Kitin gibi polisakkaritler dünyanın her yerinde bulunur. Kitin eklem bacaklılarda ve mantarlarda bulunur, ancak bitkilerde veya memelilerde bulunmaz. Benzoilüreler, N-asetilglukozamin ünitelerinin kitin zincirine bağlantısını bozarak ve böceklerin tüy dökme sürecini engelleyerek böcek kütiküllerindeki kitin sentezini zorlaştırır (Sparks&Nauen; 2015; Jayaraj et al., 2016).

2.3. Fungusitler

Fungusitler, tarım arazilerinde bitkilerdeki patojenik mantarları kontrol etmek için sıklıkla kullanılan bir pestisit türüdür. Fungusitler, mısır, buğday,

zeytin, antep fıstığı ve meyvelerin yanı sıra diğer bitkileri işlemek ve korumak için kullanılır (Chen et al., 2008; Temiz et al., 2019., Avenot et al., 2008).

Fungisitler hücre bölünmesinin inhibisyonu, ergosterol sentezinin inhibisyonu ve mantar hücrelerinin enzimlerinin sülfidril grupları üzerinde etki ederek farklı etki mekanizmalarıyla etki gösterir. Sülfidril (SH), mantar öldürücü etkide önemli rol oynayan birçok enzimde bulunur. Ditiyokarbamat fungisitler, mantar hücrelerinin SH grubuna sahip enzim ve koenzimlerine saldırır. Kaptan ve folpet gibi pestisitler, SH grubuna sahip enzimlerle çalışır. Bu fungisitler hücre zarlarının yapısını ve işlevini değiştirir ve enzim sistemini durdurur (Perez et al., 1991; Carr et al., 2005; Sioud et al., 2009; White et al., 2010; Apanto et al., 2010).

Tübülün, hücre içi iskeletin temel bir proteindir ve benzimidazol, tübülünle reaksiyona girerek hücre içi iskeletin oluşumunu engeller. Genellikle pestisitler, mikrotübül oluşumunu engelleyerek hücre bölünmesini engeller. Bu şekilde çalışan birçok farklı fungisit türü vardır; bunlar arasında tiyabendazol, karbendazim ve benomil bulunur (Oruç., 2010).

Ergosterol inhibitörü fungisitler birçok farklı mantar türünü öldürebilir ve yüksek bitkilerin sterol ve gibberellin üretimini engeller. Sterol sentezi karmaşık bir süreçtir ve fungisitler sentez yolunda etki eder. Piridinler, morfolinler ve piperazinler gibi demetilaz inhibitörleri olarak kullanılan birçok fungusit vardır (Bolognesi&Merlo., 2019). Ayrıca, mantarların birçok bölgesini hedef alan ve hücre redoks dengesini bozan antioksidan enzimleri inhibe eden birçok fungisit de vardır ve bunların birçoğu nükleer faktör-kB sinyal iletimi kaskadını da engelleyerek çok sayıda olumsuz biyokimyasal etki gösterir (Rath et al., 2011).

3. SERBEST RADİKALLER

Serbest radikaller, atomik veya moleküler orbitallerde bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron içeren moleküller veya moleküler parçalar olarak tanımlanabilir. Serbest oksijen radikalleri veya daha genel olarak reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif azot türleri (RNS), normal hücresel metabolizmanın ürünleridir. ROS ve RNS, hem zararlı hem de faydalı türler olarak ikili bir rol oynamalarıyla iyi bilinmektedir, çünkü canlı sistemler için hem zararlı hem de faydalı olabilirler (Valko et al., 2006). Serbest radikallerin potansiyel biyolojik hasara neden olan zararlı etkisine oksidatif stres ve nitrozatif stres denir (Kovacic&Jacintho., 2001; Ridnour et al., 2005; Valko et al., 2001). Bu durum, biyolojik sistemlerde bir tarafta ROS/RNS'nin aşırı üretimi, diğer tarafta ise enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanların eksikliği olduğunda ortaya çıkar. Başka bir deyişle, oksidatif stres, oksijen

kullanan metabolik reaksiyonlardan kaynaklanır ve canlı organizmalardaki prooksidan/antioksidan reaksiyonların denge durumunda bir bozulmaya işaret eder. Aşırı ROS, hücrel lipitlere, proteinlere veya DNA'ya zarar vererek normal işlevlerini engeller. Bu nedenle, oksidatif stresin birçok insan hastalığının yanı sıra yaşlanma sürecinde de rol oynadığı düşünülmektedir (Dröge., 2002).

Oksijenden türetilen radikaller, canlı sistemlerde üretilen radikal türlerinin en önemli sınıfını temsil eder. Moleküler oksijen (dioksijen) benzersiz bir elektronik konfigürasyona sahiptir ve kendisi de bir radikaldır. Dioksijene bir elektron eklenmesi, süperoksit anyon radikalini ($O_2^{\bullet-}$) oluşturur (Miller et al., 1990). Süperoksit üretimi çoğunlukla hücrenin mitokondrilerinde meydana gelir. Mitokondriyal elektron taşıma zinciri, memeli hücresindeki ATP'nin ana kaynağıdır ve bu nedenle yaşam için gereklidir. Enerji dönüşümü sırasında, az sayıda elektron oksijene erken "sızarak" çeşitli hastalıkların patofizyolojisinde rol oynayan serbest oksijen radikal süperoksitini oluşturur (Kovacic et al., 2005; Valko et al., 2004).

Hidroksil radikali ($\bullet OH$), hidroksit iyonunun nötr formudur. Hidroksil radikali yüksek bir reaktiviteye sahiptir ve bu da onu çok kısa bir in vivo yarı ömre sahip, çok tehlikeli bir radikal yapar (Pastor et al., 2000). Hidroksil radikali, geçiş metalleri aracılı Fenton reaksiyonu ve süperoksit radikalinin dahil olduğu Haber-Weiss reaksiyonu yoluyla hidrojen peroksitten üretilebildiği gibi, suyun yüksek enerjili iyonize edici radyasyona maruz kalması sonucu da oluşabilir (Cheesman&Slater., 1993; Halliwell&Gutteridge., 1999; Song., 2004). Lipitler, proteinler ve nükleik asitler dahil olmak üzere hemen her biyomolekülü okside edebilir (Fantel., 1996); bu nedenle diğer reaktif türlere kıyasla biyolojik yapılarda daha geniş çaplı hasara yol açar (Betteridge., 2000).

Canlı sistemlerde oluşabilen oksijenden türetilen ek reaktif radikaller peroksil radikalleridir ($ROO^{\bullet}$). En basit peroksil radikali, süperoksidin ($O_2^{\bullet-}$) protonlanmış formu olan ve genellikle hidroperoksil radikali veya perhidroksil radikali olarak adlandırılan $HOO^{\bullet}$ 'dur (De Grey., 2002).

Peroksizomlar, hücrede oksijen tüketiminin başlıca yerleridir ve oksijen kullanan çeşitli metabolik fonksiyonlarda rol oynarlar. Peroksizomdaki oksijen tüketimi, çeşitli molekülleri okside etmek için kullanılan H_2O_2 üretimine yol açar. Organel ayrıca, hidrojen peroksidi parçalayan ve muhtemelen bu toksik bileşiğin birikmesini önleyen katalaz içerir. Bu nedenle peroksisom, bu enzimlerin göreceli konsantrasyonları veya aktiviteleri arasında hassas bir denge sağlayarak net ROS üretiminin olmamasını sağlar. Peroksisomlar hasar gördüğünde ve H_2O_2 tüketen enzimleri baskılandığında, sitozole

H₂O₂ salınır ve bu da oksidatif strese önemli ölçüde katkıda bulunur (Decoursey&Ligeti., 2005).

Nitrik oksit (NO[•]), eşleşmemiş bir elektron içeren küçük bir moleküldür ve bu nedenle bir radikaldir. NO[•], biyolojik dokularda spesifik nitrik oksit sentazlar (NOS'ler) tarafından üretilir. NO[•], nörotransmisyon, kan basıncı düzenlemesi, savunma mekanizmaları, düz kas gevşemesi ve bağışıklık düzenlemesi de dahil olmak üzere çok çeşitli fizyolojik süreçlerde önemli bir oksidatif biyolojik sinyal molekülü görevi gören aktif bir radikaldir (Benesetol., 1999).

Reaktif azot türlerinin aşırı üretimine nitrozatif stres denir (Klatt&Lamas., 2000). Bu durum, bir sistemdeki reaktif azot türlerinin üretiminin, sistemin bunları nötralize etme ve yok etme kapasitesini aşması durumunda ortaya çıkabilir. Nitrozatif stres, proteinlerin yapısını değiştirebilen ve böylece normal işlevlerini engelleyebilen nitrozilasyon reaksiyonlarına yol açabilir. Bağışıklık sistemi hücreleri, inflamatuvar süreçler sırasında tetiklenen oksidatif patlama sırasında hem süperoksit anyonu hem de nitrik oksit üretir. Bu koşullar altında, nitrik oksit ve süperoksit anyonu, önemli miktarlarda oksidatif olarak daha aktif bir molekül olan peroksinitrit anyonu (ONOO⁻) üretmek için birlikte reaksiyona girebilir. Bu, DNA parçalanmasına ve lipid oksidasyonuna neden olabilen güçlü bir oksitleyici ajandır (Ridnour et al., 2004; Carr et al., 2000).

3.1. Biyomoleküllerde Oksidatif Hasar

Serbest radikaller monosakkaritlerin otooksidasyonunu tetikleyerek hidrojen peroksit, organik peroksitler ve okzoaldehit türünde bileşiklerin oluşumuna yol açar. DNA, RNA ve proteinlere kovalent bağlanabilen okzoaldehitlerin bu özellikleri, hücre bölünmesini baskılayan antimitotik etkilere neden olmakta ve bu durumun kanser ile yaşlanma mekanizmalarında önemli olabileceği ileri sürülmektedir (Thornalley&Vasak., 1985).

Hidroksil radikali gibi yüksek reaktif serbest radikaller, karbonhidratlarla reaksiyona girip karbon atomlarından birindeki hidrojen atomunu uzaklaştırarak karbon merkezli radikallerin oluşmasına neden olur. Ortaya çıkan bu radikaller, hyaluronik asit başta olmak üzere birçok önemli yapısal molekülde zincir yapısının bozulmasına ve kopmalara yol açabilmektedir (Devasagayam et al., 2004).

Hücre organellerinin membran lipidleri serbest radikal kaynaklı oksidatif hasara karşı oldukça hassastır. Radikallerin lipidlerle reaksiyonu sonucunda oluşan lipid peroksidasyonu, hücre için son derece zararlı biyokimyasal değişikliklere yol açabilir. Bu oksidatif süreçte yüksek miktarlarda oluşan

toksik yan ürünler, ikinci haberci özellikleriyle üretildikleri bölgeden uzak dokularda bile etkilerini sürdürebilmektedir (Devasagayam et al., 2003). Çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oksidasyonu, zincirleme bir mekanizma izleyerek ilerler ve membranda irreversibl hasarla sonuçlanır (Aydilek&Aksakal., 2003). Yağ asidi zincirindeki çift bağ, komşu karbon üzerindeki C-H bağını zayıflatarak bu bölgeden hidrojen atomunun kopmasını kolaylaştırır. Dolayısıyla, hücresel membranlarda bulunan poliansatüre yağ asidi zincirleri oksidatif peroksidasyona karşı daha hassastır (Gutteridge., 1995). Bir yağ asidi hidrojenini kaybettiğinde molekül içi yeniden düzenlenme gerçekleşir ve konjuge dien yapısı oluşur. Bu yapı oksijenle reaksiyona girerek lipit peroksil radikalleri (LOO•) meydana getirir. Ortaya çıkan peroksil radikalleri başka yağ asitlerinden hidrojen uzaklaştırarak zincir şeklinde ilerleyen peroksidasyon reaksiyonlarını tetikler (Girotti., 1998). Lipit peroksidasyonu sırasında hücre membranında bulunan glukoz-6-fosfat dehidrogenaz, Na⁺/K⁺-ATPaz gibi temel enzimlerin yanı sıra hormon reseptörleri de işlevlerini yitirir; bu durum hücrelerde dejeneratif, mutajenik ve karsinojenik bozulmalara yol açar (Aydilek&Aksakal., 2003).

Oksidatif stres sonucu ortaya çıkan hidroksil radikali ve diğer reaktif oksijen türleri, hücre içi proteinlerde reversibl veya irreversibl oksidatif modifikasyonlara yol açarak oksidatif hasarın gelişmesine neden olur (Prokai et al., 2007; Rao&Moller., 2011). ROS ve RNS kaynaklı protein oksidasyonu, protein hidroperoksitler gibi stabil fakat oldukça reaktif ürünlerin oluşumuna yol açar. Bu oksidatif ürünler geçiş metallerinin iyonlarıyla etkileştiğinde ek radikal türleri meydana gelebilir. Okside proteinlerin çoğu biyolojik olarak inaktiftir ve hızlı şekilde degradasyona uğrar; ancak zaman içinde kısmi bir birikim gerçekleşebilir ve bu durum hem çeşitli patolojilerin gelişimiyle hem de yaşlanmaya bağlı hücresel hasarlarla ilişkilendirilir (Devasagayam et al., 2004; Sarma et al., 2010).

Normalde kararlı bir molekül olan DNA da, diğer biyomoleküller gibi spontan kimyasal oksidatif hasara maruz kalabilir. Oksidatif hasar sonucu DNA'da tek ve çift dal kırıkları, abazik alanlar, baz modifikasyonları, şeker hasarı meydana gelebilir (Burçak&Andican., 2004). Oluşan baz radikalleri proteinlerdeki aromatik amino asitlerle reaksiyona girerek 'DNA-protein' çapraz bağlarının oluşmasına neden olur (Cooke et al., 2003). Ayrıca hidroksil radikalleri, DNA'daki şeker kalıntılarından hidrojen atomu kopararak şeker yapılarında değişikliklere ve zincir kırılmalarına yol açabilir. Bu durum replikasyon ve transkripsiyon süreçlerini bozarak DNA tamirini engeller ve hasarı artırır (Hu et al., 1995). DNA'ya bağlı hasar, karsinogenezisin temel patolojik sürecini oluşturur ve oksidatif stresin, kanserin başlama, ilerleme

ve malign dönüşüm evrelerinde belirleyici etkisi olduğu düşünülmektedir (Hardie et al., 2000).

Ayrıca, DNA, hidroksil radikali ve diğer reaktif oksijen türleri tarafından değişikliğe uğratılabilir ve bu da metillenmiş ve oksitlenmiş DNA lezyonlarının oluşumuna yol açabilir. ROS ayrıca, metil radikallerinin oluşumuna katkıda bulunabilen ve potansiyel kimyasal DNA hipermetilasyonuna yol açabilen metioninin oksidasyonunda da rol oynar (Hu et al., 2012). Aşırı ROS üretimi, hem nükleer hem de mitokondriyal DNA ve RNA dahil olmak üzere nükleik asitlerde oksidatif hasara ve bol miktarda kararlı 8-hidroksi-deoksiguanozin (8-OHdG) oluşumuna neden olur (Valavanidis et al., 2009).

4. PESTİSİTLERİN OKSİDATİF STRESE ETKİLERİ

Deneyisel kanıtlara göre, çeşitli pestisit türlerinin hepsinin ortak bir etkisi var: farklı hücre tipleri ve hayvan modellerinde oksidatif stresi tetiklemek. Pestisit kaynaklı oksidatif stres, kanser, inflamasyon ve kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıklar da dahil olmak üzere çeşitli hastalıklarla ilişkili olan reaktif oksijen türleri (ROS) ve reaktif azot türleri (RNS) tarafından tetiklenir. ROS ve RNS, mitokondri kaynaklı apoptozis de dahil olmak üzere en az beş bağımsız sinyal yolunu aktive edebilir. Sınırlı in vitro çalışmalar ayrıca, ekzojen antioksidanların pestisitlerin zararlı etkilerini azaltabileceğini veya önleyebileceğini göstermektedir (Sule et al., 2022). Mevcut bilimsel çalışmalar, hedef dokudan bağımsız olarak, pestisitlerin neden olduğu toksisitenin oksidatif stresle ilişkili olduğunu göstermektedir. Oksidatif stresin bazı ortak özellikleri arasında protein oksidasyonunda (karbonilasyon), lipid peroksidasyonunda, nükleik asit oksidasyonunda (8-OHdG) ve glutasyon gibi antioksidan seviyelerinde ve antioksidan enzim aktivitelerinde değişiklikler yer almaktadır (Ravula&Yenugu., 2021).

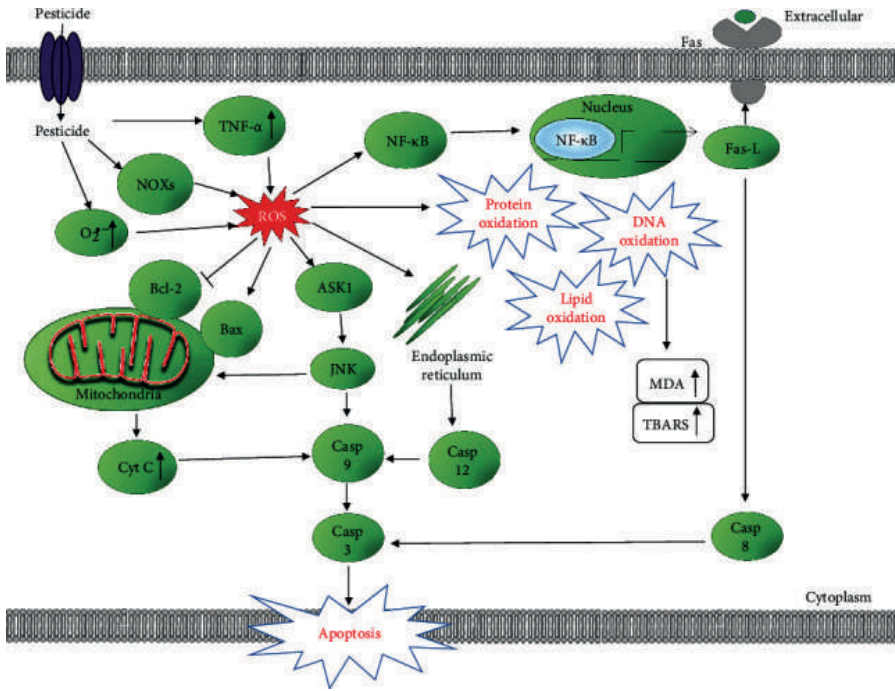
Uzun süreli pestisit maruziyetinin neden olduğu artan ROS ve RNS'nin hücresel makromoleküllere (nükleik asitler, proteinler ve lipitler) verdiği zararın hücre ölümüne ve genel doku hasarına yol açtığı varsayılmıştır.

Bazı pestisitler, süperoksit anyonu ($O_2^{\bullet-}$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikalleri ($OH^{\bullet}$) gibi reaktif oksijen türlerini (ROS) doğrudan üretebilir (Sajad et al., 2024). Çalışmalar, pestisitlere tek başlarına veya kombinasyon halinde maruz kalmanın, katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve glutasyon peroksidaz (GPx) gibi antioksidan enzimleri inhibe edebileceğini göstermiştir (Ojha et al., 2011). Organizmaların yağ asidi bileşimi, artan lipid peroksidasyonu yoluyla pestisit maruziyetinden etkilenebilir (Gonçalves et al., 2021). Oksidatif hücresel hasar, hücre

fonksiyon kaybında önemli bir faktör olan lipid peroksidasyonu (LPO), DNA hasarı, enzim inaktivasyonu ve hormon oksidasyonu ile gösterilir.

Pestisitler, NADPH oksidaz (NOX) ve süperoksit ($O_2^{\bullet-}$) seviyelerini artırarak hücrede ROS sinyal iletiminde artışa neden olur. Artan ROS, lipid, protein ve DNA oksidasyonunu tetikleyerek çeşitli toksisitelere yol açabilir. Bu stres faktörleri, TNFR1/TNF- α , MAPK'lar, NF- κ B ve mitokondriyal apoptoz yollarının aktivasyonuna yol açar. Devam eden stres ise hücre apoptozuna ve inflamasyona neden olur.

Figür 1. Pestisit kaynaklı reaktif oksijen türleri (ROS) ve oksidatif streste rol oynayan sinyal yollarının şematik gösterimi (Sule et al., 2022).



Başlıca enzimatik antioksidan savunma mekanizmaları, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutasyon peroksidazın (GPX) farklı formlarından oluşur. SOD'ların, oksijen radikallerine, özellikle de mitokondriyal solunum ve çeşitli metabolik reaksiyonlar tarafından üretilen başlıca ROS olan süperoksit anyonuna ($O_2^{\bullet-}$) karşı ilk savunma hattını oluşturduğu düşünülmektedir. SOD'lar, potansiyel olarak tehlikeli süperoksit anyonlarını H_2O_2 'e dönüştürerek biyolojik sistemlerden uzaklaştırırken, peroksisomlarda bulunan CAT, iki H_2O_2 molekülünün O_2 ve iki H_2O molekülüne dönüşümünü katalize eder (Halliwell&Gutteridge., 1990). Hücre içi antioksidanların en bol bulunanı olan glutasyon (GSH),

hücrelerin oksidatif strese karşı korunmasında rol oynar (Shi et al., 2015). Ancak pestisitlere maruz kalmanın, hücresel antioksidan sisteminin normal fizyolojik seviyelere düşürebileceği seviyenin ötesinde, önemli ölçüde artan ROS ve oksidatif stres indüksiyonuyla ilişkili olduğu görülmektedir (Sule et al., 2022).

RNS ve ROS hücre içerisinde bulunduklarında genellikle birlikte çalışırlar. Pestisit toksisitesi gibi koşullar altında, NO, iNOS ekspresyonu yoluyla üretilir ve iNOS daha sonra süperoksit radikaliyle reaksiyona girerek yüksek reaktif peroksinitrit (ONOO^-) oluşturur. ONOO^- daha sonra biyomoleküllerle etkileşime girerek hücre hasara neden olur. Bu reaksiyonlardan biri, ONOO^- 'in guanin ile olan reaksiyonudur ve bu reaksiyon, sırasıyla 8-NO₂Gua ve 8-oksodeoksiguanozin (8-OHdG) gibi nitratif ve oksidatif DNA lezyonlarına yol açar (Hiraku., 2010). Önceki bulgular, 8-NO₂Gua oluşumunun kanserli dokularda kanserli olmayan dokulara göre daha fazla meydana geldiğini göstermiştir (Pinloar et al., 2005). Bu, pestisit maruziyetini kanserle ilişkilendiren başka çalışmaları desteklemektedir (Amizadeh et al., 2017; Alavanja et al., 2013).

Pestisitlerin, doğal hormonların düzenli işleyişini bozan endokrin bozucu kimyasallar (EDC'ler) olarak işlev gördüğü bilinmektedir (Moreira et al., 2021). Endokrin bozukluklarının kökeni, düşük dozlarda pestisitlerin hormon taklit edici etkilerine kadar uzanmaktadır; bu etkiler, vücudun doğuştan gelen hormonlarının üretim ve parçalanmasında değişikliklere yol açar (Gerunova et al., 2019). Bu maddeler öncelikle hormonal sinyal yollarını ve nöroendokrin sistemi etkilerken, aynı zamanda çeşitli metabolik durumlara katkıda bulunan oksidatif stres de oluşturur (Derouiche., 2025). Pestisitler, pankreasta toksik etkilere neden olmasının yanı sıra hormon salınımını değiştirerek metabolik bozuklukları tetikler (Kadeche et al., 2016).

Organoklorlu, organofosfatlı ve karbamatlı pestisitlerin bilinçsiz kullanımı insan sağlığına zarar vermektedir. Bu pestisitlerin eritrositlerin ve lenfositlerin biyokimyasal ve fizyolojik işlevlerini bozduğu bilinmektedir. Doku dejenerasyonu; lipit peroksitleri ve memeli dokularındaki çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) lipit peroksidasyonunu içeren serbest radikallerle ilişkili bir süreçtir (Debnath&Mandal., 2000). Bu nedenle, lipit peroksidasyonunun pestisit kaynaklı toksisitede rol oynayan moleküler mekanizmalardan biri olduğu öne sürülmektedir (Banerjee et al., 1999). Hücre fonksiyon kaybına en büyük katkıda bulunan lipit peroksidasyonu (LPO), DNA hasarı, enzim inaktivasyonu ve hormon oksidasyonu, oksidatif hücre hasarının göstergeleridir (Ruas et al., 2008). Özellikle LPO'nun pestisit kaynaklı toksisitenin mekanizmalarından biri olduğu öne sürülmüştür.

Pestisitlerin kapsamlı analizleri, çevre üzerindeki etkilerini ortaya koymuş, olası sağlık sorunlarının belirlenmesine yardımcı olmuş, yasa ve politikalar hakkında bilgi sağlamış ve pestisit kullanımına sürdürülebilir alternatifler oluşturulmasına katkı sağlamıştır. Pestisitler yutulabilir, solunabilir veya cilt yoluyla emilebilir. Çeşitli maruz kalma yollarının kümülatif etkilerini değerlendirmek ve genel maruziyete orantılı katkılarını belirlemek zor olabilir ve bu da tam etkinin anlaşılmasında belirsizliğe yol açar. Pestisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Paydaşları bu etkiler konusunda eğitmek, daha bilinçli kararlar almalarına, riskleri azaltmalarına, güvenlik protokollerini geliştirmelerine, çevre yönetimi uygulamalarına, toplum sağlığını korumalarına ve birbirleriyle iş birliği ve iletişim kurmalarına yardımcı olabilir. Bilim camiası, pestisitlerin etkilerine ilişkin anlayışını geliştirebilir, sorumlu kullanımı teşvik edebilir ve insan sağlığını ve çevreyi koruyan etkili, bilime dayalı politika ve uygulamaların tasarlanmasına yardımcı olabilir. Ayrıca, uluslararası pestisit izleme politikaları, insan sağlığını korumak ve kirlilikten arınmış bir çevreyi korumak için bilimsel bilgilerin geliştirilmesine düzenli olarak uyum sağlamalıdır. Devlet kurumları, üreticiler ve STK'lar gibi farklı kesimler bir araya gelerek daha az yan etkiye sahip pestisitlerin geliştirilmesine yönelik protokoller ve politikalar oluşturmalıdır. Pestisitlerin geleceğinin, teknolojik gelişmeler, düzenleyici değişiklikler, tüketici tercihleri ve sürdürülebilir tarımın önemine ilişkin artan farkındalık tarafından yönlendirilmesi beklenmektedir. Sonuç olarak, haşere yönetimi ihtiyacı ile pestisitlerle ilişkili potansiyel tehlikeler arasında denge kurmak esastır (Ifeyinwa et al., 2024).

5. Kaynaklar

1. FAO. (1986). *International code of conduct on the distribution and use of pesticides* (p. 28). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. WHO/UNEP. (1990). *Public health impact of pesticides used in agriculture*. World Health Organization.
3. European Commission. (2009). *Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides*. *Official Journal of the European Union*, L 309, 71–86.
4. Elbially, Z. I., Assar, D. H., Abdelnaby, A., Abu Asa, S., Abdelhiee, E. Y., Ibrahim, S. S., Abdel-Daim, M. M., Almeer, R., & Atiba, A. (2021). RETRACTED: Healing potential of *Spirulina platensis* for skin wounds by modulating bFGF, VEGF, TGF- β 1 and α -SMA genes expression targeting angiogenesis and scar tissue formation in the rat model. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 137, 111349. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111349>
5. Cech, R., Zaller, J. G., Lyssimachou, A., Clausing, P., Hertoge, K., & Linhart, C. (2023). Pesticide drift mitigation measures appear to reduce contamination of non-agricultural areas, but hazards to humans and the environment remain. *Science of the Total Environment*, 854, 158814. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158814>
6. Fang, L., Liao, X., Jia, B., Shi, L., Kang, L., Zhou, L., & Kong, W. (2020). Recent progress in immunosensors for pesticides. *Biosensors and Bioelectronics*, 164, 112255. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112255>
7. Boedeker, W., Watts, M., Clausing, P., & Marquez, E. (2020). RETRACTED ARTICLE: The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC public health*, 20(1), 1875. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0>
8. Kaur, R., Mavi, G. K., Raghav, S., & Khan, I. (2019). Pesticides classification and its impact on environment. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 8(3), 1889-1897. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.224>
9. Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., ... & Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of cleaner production*, 283, 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
10. Singh, N. S., Sharma, R., Parween, T., & Patanjali, P. K. (2017). Pesticide contamination and human health risk factor. In *Modern age environmental problems and their remediation* (pp. 49-68). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64501-8_3
11. Frisoni, G. B., Altomare, D., Thal, D. R., Ribaldi, F., van der Kant, R., Osenkopppele, R., ... & Dubois, B. (2022). The probabilistic model of Al-

- zheimer disease: the amyloid hypothesis revised. *Nature Reviews Neuroscience*, 23(1), 53-66. <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00533-w>
12. Perrin, L., Spinosi, J., Chaperon, L., Kab, S., Moisan, F., & Ebaz, A. (2021). Pesticides expenditures by farming type and incidence of Parkinson disease in farmers: A French nationwide study. *Environmental research*, 197, 111161. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111161>
 13. Sanborn, M., Kerr, K. J., Sanin, L. H., Cole, D. C., Bassil, K. L., & Vakil, C. (2007). Non-cancer health effects of pesticides: systematic review and implications for family doctors. *Canadian family physician*, 53(10), 1712-1720.
 14. Wang, C., Yao, X., Li, X., Wang, Q., Jiang, N., Hu, X., ... & Wang, J. (2024). Fosthiazate, a soil-applied nematicide, induces oxidative stress, neurotoxicity and transcriptome aberrations in earthworm (*Eisenia fetida*). *Journal of Hazardous Materials*, 463, 132865. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132865>
 15. Bhardwaj, J. K., Mittal, M., Saraf, P., & Kumari, P. (2020). Pesticides induced oxidative stress and female infertility: a review. *Toxin Reviews*. <https://doi.org/10.1080/15569543.2018.1474926>
 16. Foucault, A., Vallet, N., Ravalet, N., Picou, F., Bene, M. C., Gyan, E., & Herault, O. (2021). Occupational pesticide exposure increases risk of acute myeloid leukemia: a meta-analysis of case-control studies including 3,955 cases and 9,948 controls. *Scientific reports*, 11(1), 2007. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81604-x>
 17. Rafeecinia, A., Asadikaram, G., Moazed, V., & Darabi, M. K. (2023). Organochlorine pesticides may induce leukemia by methylation of CDKN2B and MGMT promoters and histone modifications. *Gene*, 851, 146976. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2022.146976>
 18. Hernandez-Mariano, J. A., Baltazar-Reyes, M. C., Salazar-Martinez, E., & Cupul-Uicab, L. A. (2022). Exposure to the pesticide DDT and risk of diabetes and hypertension: Systematic review and meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 239, 113865. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113865>
 19. Popp, J., Pető, K., & Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for sustainable development*, 33(1), 243-255. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
 20. Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., ... & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>

21. Ercan, N., & Fidancı, U. R. (2012). Piyodermalı köpeklerde idrarda 8-hidroksi-2'-deoksiguanozin (8-OHdG) düzeyleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 59(3), 163-168. https://doi.org/10.1501/Vetfak_00000002520
22. Ergönül, S. (2009). Anaplasmosisli sığırlarda ısı şok protein (HSP), malondialdehit (MDA), nitrik oksit (NO) ve interlökin (IL-6, IL-10) düzeylerinin araştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(4). DOI:10.9775/kvfd.2009.068-A
23. Freeman, B. A., & Crapo, J. D. (1982). Biology of disease: free radicals and tissue injury. *Laboratory investigation; a journal of technical methods and pathology*, 47(5), 412-426.
24. Gutteridge, J. M., & Halliwell, B. (1993). Invited review free radicals in disease processes: a compilation of cause and consequence. *Free radical research communications*, 19(3), 141-158. <https://doi.org/10.3109/10715769309111598>
25. Afify, A. M. R., Mohamed, M. A., El-Gammal, H. A., & Attallah, E. R. (2010). Multiresidue method of analysis for determination of 150 pesticides in grapes using quick and easy method (QuEChERS) and LC-MS/MS determination. *J. Food Agric. Environ*, 8(2), 602-606.
26. Ifeyinwa, D. I. E., Justy, O. C., Okoroigwe, F. C., & Ezeanyanwu, V. Determination of Proximate Content and Phytochemical Analysis of Some Selected Grains, Fruits and Vegetables Commercially Sold in Eke Awka Market, Awka, Anambra State, Nigeria. <https://doi.org/10.59298/RIJPP/2024/3235362>
27. Doğaç, E., Kandemir, İ., & Taşkın, V. (2015). Geographical distribution and frequencies of organophosphate-resistant Ace alleles and morphometric variations in olive fruit fly populations. *Pest management science*, 71(11), 1529-1539. <https://doi.org/10.1002/ps.3958>
28. Bilal, M., Iqbal, H. M., & Barceló, D. (2019). Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems. *Science of The Total Environment*, 695, 133896. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133896>
29. Chawla, P., Kaushik, R., Swaraj, V. S., & Kumar, N. (2018). Organophosphorus pesticides residues in food and their colorimetric detection. *Environmental nanotechnology, monitoring & management*, 10, 292-307. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.07.013>
30. Akdoğan, A., Divrikli, Ü., & Elçi, L. (2012). Pestisitlerin önemi ve ekosisteme etkileri. *Akademik Gıda*, 10(1), 125-132.
31. Deveci, H. A., Nur, G., Deveci, A., Kaya, I., Kaya, M. M., Kükiürt, A., ... & Karapehlivan, M. (2021). *An overview of the biochemical and histopathological effects of insecticides*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.100401

32. Reddy, P. P. (2015). Impacts on weeds. In *Climate resilient agriculture for ensuring food security* (pp. 193–205). Springer India. https://link.springer.com/10.1007/978-81-322-2199-9_10
33. Stallings, K. D., Seth-Carley, D., & Richardson, R. J. (2015). Management of aquatic vegetation in the southeastern United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmv002>
34. Wagner, V., Antunes, P. M., Irvine, M., & Nelson, C. R. (2017). Herbicide usage for invasive non-native plant management in wildland areas of North America. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 198–204. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12711>
35. Rojas, J. A., Dhar, A., & Naeth, M. A. (2021). Urban naturalization for green spaces using soil tillage, herbicide application, compost amendment and native vegetation. *Land*, 10(8), 854. <https://doi.org/10.3390/land10080854>
36. Statista. (2023). *Global pesticide agricultural use 2021, by type*. <https://www.statista.com/statistics/1263206/global-pesticide-use-by-type/>
37. Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., ... & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
38. Fishel FM. Pesticides: Routes of Exposure [Internet]. 2015. Available from: <https://journals.flvc.org/edis/article/download/127676/128025/212288>.
39. ChemSafetyPro. (n.d.). *GHS classification criteria for acute toxicity*. Retrieved from <https://www.chemsafetypro.com/Topics/GHS/>
40. NCBI. (n.d.). *Glyphosate*. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glyphosate>
41. NCBI. (n.d.). *Atrazine*. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Atrazine>
42. NCBI. (n.d.). *2,4-Dichlorophenoxyacetic acid*. Retrieved from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_4-Dichlorophenoxyacetic-acid
43. NCBI. (n.d.). *Paraquat*. Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Paraquat>
44. Hongoeb, J., Tantimongcolwat, T., Ayimbila, E., Ruankham, W., & Phopin, K. (2025). Herbicide-related health risks: key mechanisms and a guide to mitigation strategies. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 20(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s12995-025-00448-7>
45. Corniani, N., Velini, E. D., Silva, F. M., Nanayakkara, N. D., Witschel, M., & Dayan, F. E. (2014). Novel bioassay for the discovery of inhibitors of the 2-C-Methyl-D-erythritol 4-phosphate (MEP) and terpenoid pat-

- hways leading to carotenoid biosynthesis. *PLoS one*, 9(7), e103704. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103704>
46. De Roos, A. J., Svec, M. A., Blair, A., Rusiecki, J. A., Dosemeci, M., Alavanja, M. C., ... & Sandler, D. P. (2005). Glyphosate results revisited: De Roos et al. respond. *Environmental Health Perspectives*, 113(6), A366. DOI:10.1289/ehp.113-a366
47. Thrall, P. H., Oakeshott, J. G., Fitt, G., Southerton, S., Burdon, J. J., Sheppard, A., ... & Ford Denison, R. (2011). Evolution in agriculture: the application of evolutionary approaches to the management of biotic interactions in agro-ecosystems. *Evolutionary applications*, 4(2), 200-215. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00179.x>
48. Rajashekar, Y., Tonsing, N., Shantibala, T., & Manjunath, J. R. (2016). 2, 3-Dimethylmaleic anhydride (3, 4-Dimethyl-2, 5-furandione): A plant derived insecticidal molecule from *Colocasia esculenta* var. *esculenta* (L.) Schott. *Scientific reports*, 6(1), 20546. DOI: 10.1038/srep20546
49. Nauen, R. (2006). Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. *Pest Management Science*, 2006, Vol. 62, No. 8, 690-692 doi:10.1002/ps.1254, 1526-4998 1526-498X
50. Elbert, A., Nauen, R., & Salmon, E. (2008). Resistance management guidelines for the new ketoenol insecticide Movento®. *Bayer CropScience Journal*, 61(2), 403-416.
51. Songa, E. A., & Okonkwo, J. O. (2016). Recent approaches to improving selectivity and sensitivity of enzyme-based biosensors for organophosphorus pesticides: A review. *Talanta*, 155, 289-304. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.046>
52. Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide biochemistry and physiology*, 121, 122-128. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>
53. Jayaraj, R., Megha, P., & Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary toxicology*, 9(3-4), 90. doi: 10.1515/intox-2016-0012
54. Chen, P. J., Moore, T., & Nesnow, S. (2008). Cytotoxic effects of propiconazole and its metabolites in mouse and human hepatoma cells and primary mouse hepatocytes. *Toxicology in vitro*, 22(6), 1476-1483. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2008.05.001>
55. Temiz, O. (2019). *Oreochromis niloticus*' un karaciğerinde fungisit propiconazole'un oksidatif stres parametreleri ve antioksidan sistem enzimleri üzerine etkileri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(1), 43-47. <https://doi.org/10.35229/jaes.532079>
56. Avenot, H., Morgan, D. P., & Michailides, T. J. (2008). Resistance to pyraclostrobin, boscalid and multiple resistance to Pristine®(pyraclostrobin+

- boscalid) fungicide in *Alternaria alternata* causing alternaria late blight of pistachios in California. *Plant Pathology*, 57(1), 135-140. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01701.x>
57. Pérez, M. E., Soto, E., & Vega, R. (1991). Streptomycin blocks the post-synaptic effects of excitatory amino acids on the vestibular system primary afferents. *Brain research*, 563(1-2), 221-226. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(91\)91537-B](https://doi.org/10.1016/0006-8993(91)91537-B)Get rights and content
 58. Carr, J. F., Gregory, S. T., & Dahlberg, A. E. (2005). Severity of the streptomycin resistance and streptomycin dependence phenotypes of ribosomal protein S12 of *Thermus thermophilus* depends on the identity of highly conserved amino acid residues. *Journal of bacteriology*, 187(10), 3548-3550. <https://doi.org/10.1128/jb.187.10.3548-3550.2005>
 59. Sioud, M., Boudabous, A., & Cekaite, L. (2009). Transcriptional responses of *Bacillus subtilis* and *thuringiensis* to antibiotics and anti-tumour drugs. *International journal of molecular medicine*, 23(1), 33-39. https://doi.org/10.3892/ijmm_00000098
 60. White, P. M., Potter, T. L., & Culbreath, A. K. (2010). Fungicide dissipation and impact on metolachlor aerobic soil degradation and soil microbial dynamics. *Science of the Total Environment*, 408(6), 1393-1402. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.11.012>
 61. Aponte, C., Marañón, T., & García, L. V. (2010). Microbial C, N and P in soils of Mediterranean oak forests: influence of season, canopy cover and soil depth. *Biogeochemistry*, 101(1), 77-92. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9418-5>
 62. Oruc, H. H. (2010). Fungicides and their effects on animals. *Fungicides, Carisse, O.(Ed.) In-Tech Publishers*, 349-362.
 63. Bolognesi, C., & Merlo, F. D. (2019). Pesticides: human health effects.
 64. Rath, N. C., Rasaputra, K. S., Liyanage, R., Huff, G. R., & Huff, W. E. (2011). Dithiocarbamate toxicity-an appraisal. *Pesticides in the modern world-effects of pesticides exposure, 2011*, 323-340.
 65. Valko, M., Rhodes, C. J. B., Moncol, J., Izakovic, M. M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, 160(1), 1-40. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2005.12.009>
 66. Kovacic, P., & Jacintho, J. D. (2001). Mechanisms of carcinogenesis focus on oxidative stress and electron transfer. *Current medicinal chemistry*, 8(7), 773-796. <https://doi.org/10.2174/0929867013373084>
 67. Ridnour, L. A., Isenberg, J. S., Espey, M. G., Thomas, D. D., Roberts, D. D., & Wink, D. A. (2005). Nitric oxide regulates angiogenesis through a functional switch involving thrombospondin-1. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(12), 6605-6610. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506100102>

- nal Academy of Sciences*, 102(37), 13147-13152. <https://doi.org/10.1073/pnas.0502979102>
68. Valko, M., Morris, H., Mazúr, M., Raptá, P., & Bilton, R. F. (2001). Oxygen free radical generating mechanisms in the colon: do the semiquinones of vitamin K play a role in the aetiology of colon cancer?. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1527(3), 161-166. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(01\)00163-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(01)00163-5)
69. Dröge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*. <https://doi.org/10.1152/physrev.00018.2001>
70. Miller, D. M., Buettner, G. R., & Aust, S. D. (1990). Transition metals as catalysts of "autoxidation" reactions. *Free Radical Biology and Medicine*, 8(1), 95-108. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(90\)90148-C](https://doi.org/10.1016/0891-5849(90)90148-C)
71. Kovacic, P., Pozos, R. S., Somanathan, R., Shangari, N., & O'Brien, P. J. (2005). Mechanism of mitochondrial uncouplers, inhibitors, and toxins: focus on electron transfer, free radicals, and structure-activity relationships. *Current medicinal chemistry*, 12(22), 2601-2623. <https://doi.org/10.2174/092986705774370646>
72. Valko, M., Izakovic, M., Mazur, M., Rhodes, C. J., & Telser, J. (2004). Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. *Molecular and cellular biochemistry*, 266(1), 37-56. <https://doi.org/10.1023/B:MCBI.0000049134.69131.89>
73. Pastor, N., Weinstein, H., Jamison, E., & Brenowitz, M. (2000). A detailed interpretation of OH radical footprints in a TBP-DNA complex reveals the role of dynamics in the mechanism of sequence-specific binding. *Journal of molecular biology*, 304(1), 55-68. <https://doi.org/10.1006/jmbi.2000.4173>
74. De Grey, A. D. (2002). HO₂·: the forgotten radical. *DNA and cell biology*, 21(4), 251-257. <https://doi.org/10.1089/104454902753759672>
75. Decoursey, T. E., & Ligeti, E. (2005). Regulation and termination of NADPH oxidase activity. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 62(19), 2173-2193. <https://doi.org/10.1007/s00018-005-5177-1>
76. Beneš, L., Ďuračková, Z., & Ferenčík, M. (1999). Chemistry, physiology and pathology of free radicals. *Life sciences*, 65(18-19), 1865-1874. [https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(99\)00439-7](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(99)00439-7)Get rights and content
77. Klatt, P., & Lamas, S. (2000). Regulation of protein function by S-glutathiolation in response to oxidative and nitrosative stress. *European journal of biochemistry*, 267(16), 4928-4944. <https://doi.org/10.1046/j.1432-1327.2000.01601.x>
78. Ridnour, L. A., Thomas, D. D., Mancardi, D., Espey, M. G., Miranda, K. M., Paolocci, N., ... & Wink, D. A. (2004). The chemistry of nitrosative

- stress induced by nitric oxide and reactive nitrogen oxide species. Putting perspective on stressful biological situations. *Biological chemistry*, 385(1).
79. Carr, A. C., McCall, M. R., & Frei, B. (2000). Oxidation of LDL by myeloperoxidase and reactive nitrogen species: reaction pathways and antioxidant protection. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 20(7), 1716-1723. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.20.7.1716>
 80. Thornalley, P. J., & Vařák, M. (1985). Possible role for metallothionein in protection against radiation-induced oxidative stress. Kinetics and mechanism of its reaction with superoxide and hydroxyl radicals. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure and Molecular Enzymology*, 827(1), 36-44. [https://doi.org/10.1016/0167-4838\(85\)90098-6](https://doi.org/10.1016/0167-4838(85)90098-6)Get rights and content
 81. Devasagayam, T. P. A., Tilak, J. C., Bloor, K. K., Sane, K. S., Ghaskadbi, S. S., & Lele, R. D. (2004). Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *Japi*, 52(794804), 4.
 82. Devasagayam, T. P. A., Bloor, K. K., & Ramasarma, T. (2003). Methods for estimating lipid peroxidation: an analysis of merits and demerits. *Indian journal of biochemistry and biophysics*, 40(5), 300-308.
 83. Aydılek, N., & Aksakal, M. (2003). Testosteronun tavşanlarda karaciğer antioksidan sistemi üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 14(2), 22-25.
 84. Gutteridge, J. (1995). Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. *Clinical chemistry*, 41(12), 1819-1828. <https://doi.org/10.1093/clinchem/41.12.1819>
 85. Girotti, A. W. (1998). Lipid hydroperoxide generation, turnover, and effector action in biological systems. *Journal of lipid research*, 39(8), 1529-1542.
 86. Sarma, A. D., Mallick, A. R., & Ghosh, A. K. (2010). Free radicals and their role in different clinical conditions: an overview. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 1(3), 185-192.
 87. Prokai, L., Yan, L. J., Vera-Serrano, J. L., Stevens Jr, S. M., & Forster, M. J. (2007). Mass spectrometry-based survey of age-associated protein carbonylation in rat brain mitochondria. *Journal of mass spectrometry*, 42(12), 1583-1589. <https://doi.org/10.1002/jms.1345>
 88. Rao, R. S. P., & Möller, I. M. (2011). Pattern of occurrence and occupancy of carbonylation sites in proteins. *Proteomics*, 11(21), 4166-4173. <https://doi.org/10.1002/pmic.201100223>
 89. Cooke, M. S., Evans, M. D., Dizdaroglu, M., & Lunec, J. (2003). Oxidative DNA damage: mechanisms, mutation, and disease. *The FASEB journal*, 17(10), 1195-1214. <https://doi.org/10.1096/fj.02-0752rev>
 90. Hu, J. J., Dubin, N., Kurland, D., Ma, B. L., & Roush, G. C. (1995). The effects of hydrogen peroxide on DNA repair activities. *Mu-*

- tation Research/DNA Repair*, 336(2), 193-201. [https://doi.org/10.1016/0921-8777\(94\)00054-A](https://doi.org/10.1016/0921-8777(94)00054-A)
91. Burçak, G., & Andican, G. (2004). Oxidative DNA damage and aging. *Cerrahpaşa J Med*, 35, 159-169.
92. Hardie, L. J., Briggs, J. A., Davidson, L. A., Allan, J. M., King, R. F. G. J., Williams, G. I., & Wild, C. P. (2000). The effect of hOGG1 and glutathione peroxidase I genotypes and 3p chromosomal loss on 8-hydroxydeoxyguanosine levels in lung cancer. *Carcinogenesis*, 21(2), 167-172. <https://doi.org/10.1093/carcin/21.2.167>
93. Ravula, A. R., & Yenugu, S. (2021). Pyrethroid based pesticides—chemical and biological aspects. *Critical Reviews in Toxicology*, 51(2), 117-140. doi: 10.1080/10408444.2021.1879007.
94. Sule, R. O., Condon, L., & Gomes, A. V. (2022). A common feature of pesticides: oxidative stress—the role of oxidative stress in pesticide-induced toxicity. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2022(1), 5563759. doi: 10.1155/2022/5563759.
95. Hiraku, Y. (2010). Formation of 8-nitroguanine, a nitrative DNA lesion, in inflammation-related carcinogenesis and its significance. *Environmental health and preventive medicine*, 15(2), 63-72. doi: 10.1007/s12199-009-0118-5.
96. Amizadeh, M., Safari-Kamalabadi, M., Askari-Saryazdi, G., Amizadeh, M., & Reihani-Kermani, H. (2017). Pesticide exposure and head and neck cancers: a case-control study in an agricultural region. *Iranian Journal of Otorhinolaryngology*, 29(94), 275.
97. Alavanja, M. C., Ross, M. K., & Bonner, M. R. (2013). Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 63(2), 120-142. <https://doi.org/10.3322/caac.21170>
98. Pinlaor, S., Sripa, B., Ma, N., Hiraku, Y., Yongvanit, P., Wongkham, S., ... & Kawanishi, S. (2005). Nitrative and oxidative DNA damage in intrahepatic cholangiocarcinoma patients in relation to tumor invasion. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 11(30), 4644. doi: 10.3748/wjg.v11.i30.4644
99. Halliwell B., Gutteridge J. M. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods in Enzymology*. 1990; 186:1–85. doi: 10.1016/0076-6879(90)86093-b.
100. Shi J., Sun B., Shi W., et al. Decreasing GSH and increasing ROS in chemosensitivity gliomas with IDH1 mutation. *Tumour Biology*. 2015;36(2):655–662. doi: 10.1007/s13277-014-2644-z.
101. Sajad, M., Shabir, S., Singh, S. K., Bhardwaj, R., Alsanie, W. F., Alamri, A. S., ... & Singh, M. P. (2024). Role of nutraceutical against exposure

- to pesticide residues: Power of bioactive compounds. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1342881. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1342881>
102. Ojha, A., Yaduvanshi, S. K., & Srivastava, N. (2011). Effect of combined exposure of commonly used organophosphate pesticides on lipid peroxidation and antioxidant enzymes in rat tissues. *Pesticide biochemistry and physiology*, 99(2), 148-156. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.11.011>
 103. Gonçalves, A. M., Rocha, C. P., Marques, J. C., & Gonçalves, F. J. (2021). Fatty acids as suitable biomarkers to assess pesticide impacts in freshwater biological scales—A review. *Ecological indicators*, 122, 107299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107299>
 104. Kadeche, L., Bourogaa, E., Boumendjel, A., Djeflal, A., Abdennour, C., El Feki, A., & Messarah, M. (2016). Quercetin attenuates metribuzin-induced biochemical and hematological toxicity in adult rats. *Int J Pharm Sci Rev Res*, 40(1), 38-46.
 105. Moreira, S., Pereira, S. C., Seco-Rovira, V., Oliveira, P. F., Alves, M. G., & Pereira, M. D. L. (2021). Pesticides and male fertility: A dangerous crosstalk. *Metabolites*, 11(12), 799. <https://doi.org/10.3390/metabo11120799>
 106. Gerunova, L. K., Bardina, E. G., Gerunov, T. V., & Sechkina, I. V. (2019, August). Pesticides as endocrine disruptors and neurotoxicants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 315, No. 5, p. 052049). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/315/5/052049
 107. Derouiche, S. (2025). Therapeutic Potential of Bioconjugated Niosomes: Sonchus maritimus Extract Protects Against High-Fructose Diet-Induced Nephrotoxicity. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 21(1), 19-30. DOI: 10.5281/zenodo.17384527
 108. Debnath, D., & Mandal, T. K. (2000). Study of quinalphos (an environmental oestrogenic insecticide) formulation (Ekalux 25 EC)-induced damage of the testicular tissues and antioxidant defence systems in Sprague-Dawley albino rats. *Journal of Applied Toxicology: An International Journal*, 20(3), 197-204. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1263\(200005/06\)20:3<197::AID-JAT634>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1263(200005/06)20:3<197::AID-JAT634>3.0.CO;2-7)
 109. Banerjee, B. D., Seth, V., Bhattacharya, A., Pasha, S. T., & Chakraborty, A. K. (1999). Biochemical effects of some pesticides on lipid peroxidation and free-radical scavengers. *Toxicology letters*, 107(1-3), 33-47. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(99\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(99)00029-6)Get rights and content
 110. Ruas, C. B. G., dos Santos Carvalho, C., de Araújo, H. S. S., Espíndola, E. L. G., & Fernandes, M. N. (2008). Oxidative stress biomarkers of exposure in the blood of cichlid species from a metal-contaminated river. *Ecotoxicology and environmental safety*, 71(1), 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.08.018>

111. Valavanidis, A., Vlachogianni, T., & Fiotakis, C. (2009). 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG): a critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis. *Journal of environmental science and health Part C*, 27(2), 120-139. <https://doi.org/10.1080/10590500902885684>.
112. Hu, C. W., Liu, H. H., Li, Y. J., & Chao, M. R. (2012). Direct analysis of 5-methylcytosine and 5-methyl-2'-deoxycytidine in human urine by isotope dilution LC-MS/MS: correlations with N-methylated purines and oxidized DNA lesions. *Chemical research in toxicology*, 25(2), 462-470. <https://doi.org/10.1021/tx2004954>.
113. Betteridge, D. J. (2000). What is oxidative stress?. *Metabolism*, 49(2), 3-8. [https://doi.org/10.1016/S0026-0495\(00\)80077-3](https://doi.org/10.1016/S0026-0495(00)80077-3)
114. Cheeseman, K. H., & Slater, T. F. (1993). An introduction to free radical biochemistry. *British medical bulletin*, 49(3), 481-493. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a072625>
115. Fantel, A. G. (1996). Reactive oxygen species in developmental toxicity: review and hypothesis. *Teratology*, 53(3), 196-217. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9926\(199603\)53:3<196::AID-TERA7>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9926(199603)53:3<196::AID-TERA7>3.0.CO;2-2)
116. Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (1999). *Free radicals in biology and medicine*. 3th ed. Oxford Science Publications, 617-624.
117. Sorg, O. (2004). Oxidative stress: a theoretical model or a biological reality?. *Comptes rendus biologiques*, 327(7), 649-662. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2004.05.007>

Carbonic Anhydrase Inhibitors: Molecular Structures, Mechanistic Features and Therapeutic Applications

Rauf Melekoglu¹

Ayşe Sebnem Erenler²

Abstract

Carbonic anhydrases (CAs) are a large family of zinc-dependent metalloenzymes that catalyse the reversible hydration of carbon dioxide to bicarbonate and protons, a reaction fundamental to acid–base homeostasis, gas exchange, ion transport and metabolic regulation. Multiple CA isoforms exhibit distinct cellular localisations and tissue-specific expression patterns, reflecting their diverse physiological and pathological roles. Carbonic anhydrase inhibitors (CAIs) have long been used in the management of conditions such as glaucoma, altitude sickness and epilepsy; however, advances in structural biology, medicinal chemistry and molecular pharmacology have significantly expanded their therapeutic relevance. Detailed crystallographic and computational studies have revealed multiple inhibitor binding modes within the zinc-coordinated active site, enabling the rational design of isoform-selective compounds with improved efficacy and reduced systemic side effects. In particular, tumour-associated isoforms such as CA IX and CA XII have emerged as prominent targets due to their involvement in pH regulation, cellular adaptation to hypoxia and disease progression. Beyond oncology, CAIs are increasingly investigated for their potential roles in neurological, inflammatory, metabolic and infectious diseases. This chapter provides a comprehensive overview of carbonic anhydrase isoenzymes, their structural and biochemical characteristics, mechanisms of inhibition and

- 1 Inonu University, Faculty of Medicine, Department of Obstetrics and Gynecology, 44280, Malatya, TURKIYE, rauf.melekoglu@inonu.edu.tr, ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-7113-6691>
- 2 Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology, 44210, Malatya, TURKIYE, serenler44@gmail.com, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-1786-5022>

the diversity of inhibitor classes. Emphasis is placed on structure–activity relationships and isoform selectivity as key determinants for the development of next-generation carbonic anhydrase inhibitors with broad therapeutic potential.

Introduction

Carbonic anhydrase inhibitors (CAIs) have attracted attention in recent years not only for their classical clinical indications, but also as alternative therapeutic approaches against global health threats such as increasing antibiotic resistance. Carbonic anhydrase (CA) enzymes play an important role in maintaining the balance of carbon dioxide and bicarbonate in microorganisms, making them important target molecules. In particular, classical CAIs such as acetazolamide have shown antibacterial activity against multidrug-resistant pathogens such as vancomycin-resistant *Enterococcus* spp. suggesting that CAIs may be effective beyond conventional antibiotics. Furthermore, the flexibility of active CA sites allows for multiple binding modes, enabling the development of isoform-selective inhibitors and creating potential for targeted therapies. This book chapter is organised to highlight the cellular distribution, biochemical functions, structure and diversity of inhibitors as well as the therapeutic potential of carbonic anhydrases.

Definition of Carbonic Anhydrase

Carbonic anhydrase is a metalloenzyme that catalyses the reversible hydration of carbon dioxide to bicarbonate and protons and is of central importance for many basic physiological processes such as respiration, acid-base balance and electrolyte regulation. CA has a highly conserved protein structure that carries a zinc (Zn^{2+}) ion in its active centre and is subdivided into different isoenzyme classes such as α , β and γ . The Zn^{2+} ion normally coordinates with three histidine residues (His94, His96 and His119) to form the catalytic centre that enables hydration of the substrate (CO_2) (Figure 1). This family of enzymes, which has numerous isoforms in humans, contributes to the maintenance of systemic homeostasis by performing specific tasks in different tissues. Some CA isoforms show very efficient catalytic activity with k_{cat} values of up to 10^6 s^{-1} . This high efficiency has led to potential use of the enzymes in biotechnological applications, such as carbon capture technologies. In addition, structural biology studies using advanced technologies such as native mass spectrometry have detailed the binding dynamics between human carbonic anhydrase I and its inhibitors, which has helped us to better understand the strategic value of CAs as drug targets (Supuran CT, 2016).

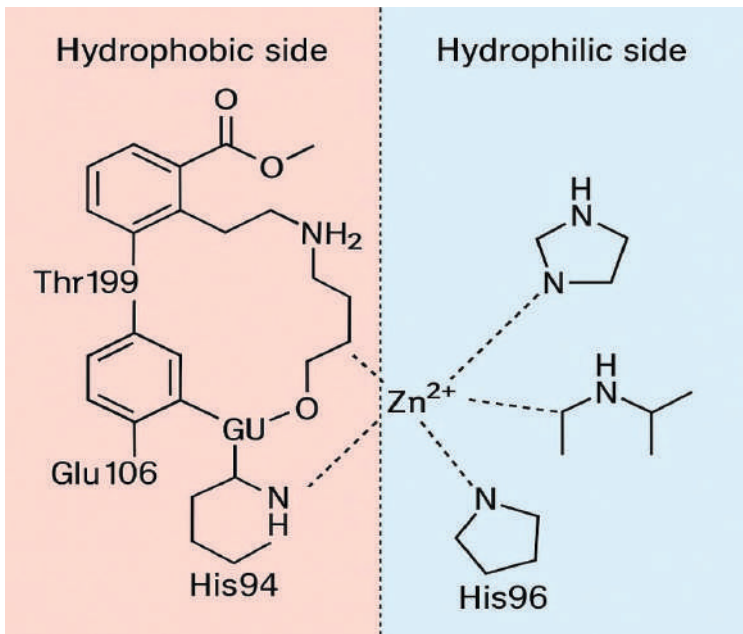


Figure 1. Schematic representation of a benzenesulfonamide inhibitor that binds to the active centre of human carbonic anhydrase II (hCA II). The active centre is divided into a hydrophobic (left, red) and a hydrophilic (right, blue) region. The central Zn^{2+} ion is coordinated by three histidine residues (His94, His96 and His119), while important hydrogen bonds and interactions with residues such as Thr199 and Glu106 occur on the hydrophobic side. This interaction is crucial for the inhibitory effect of sulphonamide-based drugs.

Importance of Carbonic Anhydrase in Biological Systems

Carbonic anhydrases regulate vital biochemical functions not only in the respiratory and renal systems, but also in numerous organs and cell types. These enzymes are involved in systemic processes such as cell metabolism, gas exchange, fluid-electrolyte balance and ion transport through bicarbonate production and pH buffering (Table 1). Disruption of CA activity plays an important role in numerous pathological conditions, including glaucoma, epilepsy, cancer and neurodegenerative diseases (Supuran CT, 2020). In recent years, CA isoforms have also been shown to be important in obstetric physiology. CAs have been reported to be involved in processes such as regulation of placental pH, uteroplacental blood flow and fetal gas exchange, and accordingly, enzyme imbalance may be associated with obstetric complications such as pre-eclampsia and intrauterine growth retardation (Kumar M et al., 2023; Van Dyke JU et al., 2015). These findings

highlight the importance of understanding the physiological role of CA enzymes, not only in terms of basic research, but also for the development of clinical applications.

Table 1. Physiological and Clinical Characteristics of Major CA Isoforms

CA Isoform	Tissue Distribution	Physiological Function	Clinical Role
CA I	Red blood cells, kidney	pH buffering; regulation of acid–base balance	Contribution to systemic acid–base homeostasis
CA II	Kidney, brain, bone	Rapid CO ₂ hydration–dehydration cycle	Target in glaucoma therapy; involvement in renal tubular acidosis and neurological disorders
CA IX	Placenta; hypoxic tumours	Cellular adaptation to hypoxia; regulation of extracellular pH	Biomarker and therapeutic target in cancer
CA XII	Breast, ovary, various tumours	Regulation of acidic tumour microenvironment	Therapeutic target in oncology

Overview of Carbonic Anhydrase Inhibitors

Carbonic anhydrase inhibitors are pharmacological agents that are used to treat many clinical diseases, especially in glaucoma and hypertension. These compounds disrupt the acid-base balance by inhibiting the enzyme carbonic anhydrase, thereby lowering intraocular pressure and reducing aqueous humour production. These effects of CAIs have shown comparable efficacy to established therapies (e.g. beta-blockers), particularly in the treatment of glaucoma. Current pharmacotherapeutic studies are not limited to the traditional indications; the neuroprotective properties of CAIs, their potential for combination with Rho kinase inhibitors and their role in inflammatory processes are also being investigated (Futterknecht Set al.,2024).

On the other hand, new generation compounds, such as polmakoxib, inhibit the enzyme cyclooxygenase together with carbonic anhydrase and offer a therapeutic contribution in inflammatory diseases with a dual mechanism of action. Such pharmacological innovations strengthen the role of CAIs in modern medicine. The increasing knowledge of the tissue-specific distribution and physiological functions of CA isoforms offers a major advantage for the development of isomer-selective inhibitors. In particular, studies on the CA IX isoform have shown that CAIs can be promising agents for oncological treatments by targeting the adaptation process of tumour cells to acidic microsystems (McDonald et al., 2012).

The main aim of this book chapter is to provide a comprehensive review of the therapeutic roles, biochemical mechanisms and current research directions of CAIs in different diseases. In this direction, especially glaucoma, cancer, inflammatory diseases and clinical pictures related to the reproductive system are among the primary focal points. In addition, this study analyses the structure-activity relationships of CAIs and details compounds such as thiourea and sulfonamide derivatives, which have low toxicity but show strong inhibitory properties (Eldehna et al., 2017).

Recently developed glycosyl- and carbohydrate-based CAIs have great potential in terms of selectivity and bioavailability in drug design, which supports the inclusion of CAIs among the next generation of pharmacotherapy agents. Our goal in this chapter is to provide readers with a scientific basis for CAI research by presenting the molecular functioning of CAIs, their pharmacological diversity and their potential for use in modern clinical medicine from both classical and innovative perspectives.

Mechanism of Action

The mechanism of action of CAI has significant effects on basic physiological processes, particularly in organs such as the kidneys, lungs and placenta. By inhibiting the enzymes of CA, these agents prevent the conversion of carbon dioxide into bicarbonate, resulting in a disturbance of the acid-base balance, reduced reabsorption of bicarbonate in the kidneys and consequently increased bicarbonate excretion in the urine. This mechanism plays an active role in the treatment of diseases such as glaucoma and metabolic alkalosis, but also influences systemic functions such as electrolyte balance and the regulation of fluid volume. However, given the role of CA isoforms in pregnancy-specific processes such as uteroplacental circulation, placental pH regulation, fetal oxygenation and nutrient diffusion, the use of CAIs in pregnancy should be carefully evaluated for fetal safety. Recent studies show that CAIs also have potential in infectious diseases. It has been reported that inhibitors targeting the carbonic anhydrase of *Mycobacterium tuberculosis* could offer an alternative route in the anti-tuberculosis treatment strategy. In addition, the development of penicillin-based CAI hybrid compounds represents an innovative approach in the fight against antibiotic resistance and demonstrates the potential of these inhibitors to interact with multiple bacterial targets (Supuran et al., 2020).

The Role of Carbonic Anhydrase in Physiological Processes

CAs are metalloenzymes that catalyse a reversible reaction in which carbon dioxide and water are converted into bicarbonate and protons. This

reaction is crucial for many vital processes such as pH balance, respiration, renal acid-base regulation, neuronal signalling and intracellular homeostasis. Since pH changes directly affect neurotransmission and neuronal activity, especially in brain tissue, CAs also play a key role in neurological functions. Recent studies show that CAs are involved in memory, learning and the pathogenesis of neurodegenerative diseases. CAIs have been shown to attenuate neurotoxicity in Alzheimer's disease by reducing amyloid-beta deposition. In addition, isoforms such as CA IX and CA XII promote the adaptation of cancer cells to the acidic tumour microenvironment. Therefore, the development of selective inhibitors against these isoforms is of great importance, especially for oncological therapies. There is also clear evidence that overexpression of CA IX in placental tissues under hypoxic stress can be used as a biomarker for the diagnosis of obstetric complications such as intrauterine growth retardation and pre-eclampsia. (Monti SM et al., 2012). This suggests that carbonic anhydrases may be therapeutic targets not only in systemic homeostasis but also in pregnancy physiology.

Inhibitor-Enzyme Interaction

CAIs modulate enzyme activity by binding to active sites or allosteric sites of the enzyme and thus influence catalytic efficiency. These binding patterns are key factors that determine the selectivity and therapeutic efficacy of inhibitors. In particular, the isoform-selective binding capabilities of some inhibitors are of great importance for clinical targeting. For example, 2-(benzylsulfinyl)benzoic acid derivatives can inhibit specific isoforms such as human carbonic anhydrase IX (hCA IX) with high affinity, suggesting that structure-activity relationships (SAR) play a central role in drug design (Buemi MR et al., 2015)

The interactions of inhibitors with enzymes are not limited to the binding sites. The conformational dynamics of enzyme-inhibitor complexes can change depending on the binding mode of the inhibitor. In this context, advanced structural analysis methods such as circular dichroism spectroscopy (CD) show how the binding of an inhibitor leads to changes in the enzyme structure (Supuran CT, 2008). Such data contribute to the development of more targeted and effective therapeutic strategies, particularly in CA-related diseases such as cancer, neurodegeneration and acid-base disorders. Understanding the interaction between enzymes and inhibitors is essential for the development of next-generation selective CA inhibitors. Figure 2 shows the cellular localisation of CA isoforms and their importance for therapeutic targeting.

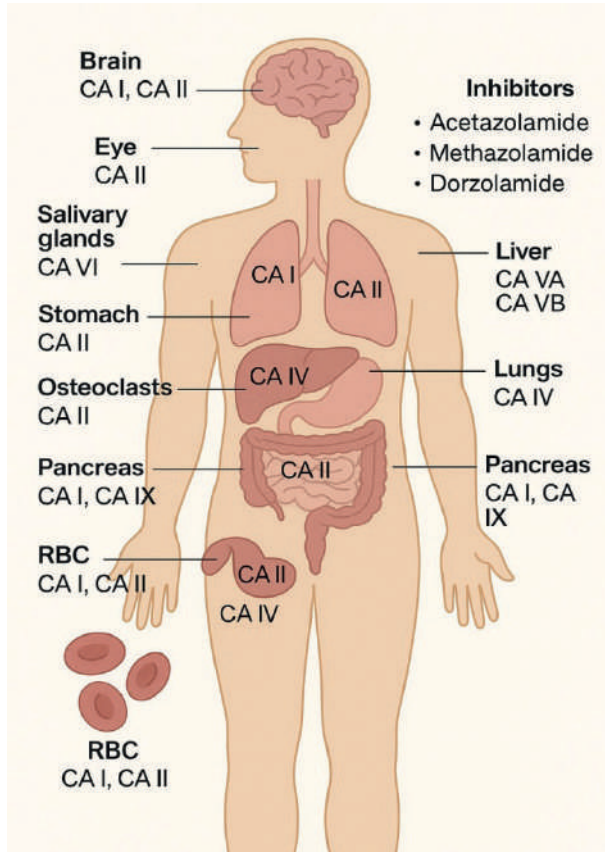


Figure 2. Anatomical distribution of CA isoforms and their primary therapeutic inhibitor targets.

This schematic diagram shows the distribution of the isoforms of carbonic anhydrase (CA I, II, IV, IX, XII) in the most important organs and the CAIs that are active against these isoforms. The isoforms CA II and IV are found in the kidney, the eye and the central nervous system, while the isoforms CA IX and XII are mainly found in hypoxic tumour tissue and in the placenta. Specific CAIs (e.g. acetazolamide, dorzolamide, SLC-0111) inhibit the target enzymes in the relevant tissues and influence physiological and pathological processes such as pH regulation, fluid secretion and modulation of the tumour microenvironment. This mapping illustrates the therapeutic vulnerability of CA isoforms and the importance of tissue selectivity for clinical pharmacology.

Mechanisms of Carbonic Anhydrase Inhibition and Isoform Selectivity

Understanding the mechanisms by which carbonic anhydrase inhibitors interact with their target enzymes is essential for the rational design of selective therapeutic agents. Beyond classical kinetic classifications, structural features and binding conformations play a critical role in determining inhibitor selectivity among carbonic anhydrase isoforms. Recent structural and computational studies on benzoxaborole derivatives have demonstrated that conformational flexibility can be exploited to enhance isoform selectivity by modulating enzyme-inhibitor interactions (Langella et al., 2019). Such insights highlight the importance of integrating structural biology with inhibition mechanism analysis to optimise pharmacological profiles and support the development of targeted carbonic anhydrase inhibitors with reduced off-target effects.

Effects of Inhibition on Carbon Dioxide and Bicarbonate Levels

Inhibition of CA can lead to significant changes in the acid-base balance, as it has a direct effect on the carbon dioxide and bicarbonate levels in the body. This enzyme plays a critical role in maintaining physiological pH balance by catalysing the conversion between CO_2 and HCO_3^- . In case of inhibition, bicarbonate production decreases and pH regulation, especially at the level of the renal tubules, may be impaired. This can limit the body's ability to buffer excess acids, which can lead to metabolic acidosis. In addition, some studies suggest that blocking carbonic anhydrase with acetazolamide may not only reduce bicarbonate levels, but may also affect polyp development and tumour progression by modulating cytokine profiles (Occhipinti R et al., 2019).

Effects of Altered Enzyme Activity

Carbonic anhydrase inhibitors exert effects not only at the biochemical level but also on systemic physiological processes. By suppressing the activity of carbonic anhydrase enzymes involved in acid-base balance and fluid and electrolyte regulation, these agents can alter key homeostatic mechanisms. In particular, impaired bicarbonate and sodium reabsorption in the renal tubules may predispose to electrolyte imbalance and acid-base disturbances. The tissue-specific distribution of carbonic anhydrase isoforms further influences the therapeutic efficacy and side-effect profile of these drugs, which is especially relevant in clinical settings such as glaucoma and oedema management (Occhipinti R et al., 2019).

Types of Carbonic Anhydrase Inhibitors

A. Sulfonamides as Carbonic Anhydrase Inhibitors

Sulfonamides, synthetic antimicrobial agents, have an important place in medicinal chemistry thanks to their ability to inhibit carbonic anhydrase. These compounds, which usually have an $A-SO_2NHR$ structure, play an important role in maintaining acid-base balance and supporting cellular respiration (Supuran CT, 2017). For example, some sulfonamide derivatives such as SLC-0111 have anti-cancer potential by inhibiting CA isoenzymes that are overexpressed in the hypoxic tumour microenvironment (Zhang et al., 2021). These inhibitors can suppress tumour growth, particularly by targeting CA IX. Therefore, sulfonamides are thought to have therapeutic value not only in infections but also in oncological processes. A better understanding of the physiological functions of CA activity at the level of the nephron emphasises the importance of these compounds for renal therapy.

B. Non-Sulfonamide Inhibitors

The development of non-sulfonamide inhibitors has gained great importance, especially in the search for selectivity against cancer-related isoforms such as CA IX and CA XII. These compounds can disrupt metabolic adaptation and suppress tumour growth by interfering with hypoxia-induced pH regulation in the tumour microenvironment (Zhang et al., 2021). Although structures such as ureido-substituted sulphonamates are not yet fully used in the clinic, preliminary studies show that these agents are promising in aggressive tumour types such as triple-negative breast cancer (Williams KJ et al., 2019). In contrast to classic sulphonamides, these molecules can specifically suppress the activity of the enzyme by targeting allosteric or alternative binding sites. Clarification of the structure-activity relationships further increases the potential of this class.

C. Selective Inhibitors Targeting Specific Isoforms

The development of highly selective inhibitors against tumour-associated isoenzymes such as CA IX and CA XII has become particularly important in pharmacological research in the field of oncology. Ureido-substituted benzenesulfonamides, which are currently undergoing clinical trials, are valuable in this context, and molecules such as SLC-0111 (U-104) show promising results for targeted cancer therapies (Williams KJ et al., 2019). In addition, derivatives based on the 2-(benzylsulfinyl)benzoic acid structure have enabled the development of selective hCA-IX inhibitors with high affinity (Zhang et al., 2021). These developments underpin the strategic role of isoform-specific inhibitors in cancer treatment. Understanding the

extensive functions of carbonic anhydrase in cell physiology provides a scientific basis for the effective use of these drugs.

D. Natural Inhibitors from Plants

Plant-derived natural products are a potential source for drug discovery as they offer a rich and diverse range of phytochemicals with inhibitory activity on carbonic anhydrase. The inhibition profiles of these natural compounds have been investigated for use in diseases such as glaucoma and epilepsy. For example, essential oils from *Mentha longifolia* (wild mint) were found to have significant effects on the inhibition of CA (Karaçelik AA et al., 2022).

In addition, selenoester derivatives of natural origin have been found to show strong inhibitory effects, especially on the CA-IX isoform, and the potential use of these agents in oncological treatments has attracted attention (Astrain-Redin N et al., 2023). The structural diversity of phytochemicals contributes to the development of new pharmacophores by determining their interactions with CA enzymes. The role of carbonic anhydrase in the cellular environment allows us to better understand the effects of these natural inhibitors in a physiological context.

E. Synthetic Compounds and Their Development

The development of more effective and selective versions of carbonic anhydrase inhibitors is currently an important area of research, particularly in the treatment of cancer. The new generation of synthetic inhibitors aims to increase anti-tumour activity by targeting specific CA isoforms (in particular hCA IX and hCA XII). The development of inhibitors that bind with high affinity to the active sites of the enzyme through the use of small molecule ligands has the potential to influence the adaptive physiology of the tumour cell (Bonardi A, et al., 2018). In addition, it is possible to obtain potent and isoform-selective compounds by chemically modifying existing molecular scaffolds. This approach clearly shows that molecular design is directly linked to pharmacological action. The three-dimensional structural features of CA enzymes highlight how synthetic chemistry can be a strategic tool for targeted therapies.

Side Effects and Limitations

While CA inhibitors provide substantial therapeutic benefits in conditions such as glaucoma and macular oedema, their clinical use is limited by a range of adverse effects and pharmacological constraints. Common side effects include metabolic acidosis, electrolyte disturbances and gastrointestinal complaints, largely resulting from impaired renal bicarbonate reabsorption

following enzyme inhibition. These effects may be particularly pronounced in patients with compromised renal function and can negatively affect treatment adherence. In addition, interindividual variability in pharmacokinetics and pharmacodynamics may influence therapeutic efficacy, underscoring the need for careful patient-specific treatment selection and monitoring (Supuran CT, 2017).

Common Side Effects and Limitations

CA inhibitors are associated with a range of adverse effects that may limit their clinical utility. Metabolic acidosis, electrolyte disturbances such as hypokalaemia, and gastrointestinal or hypersensitivity reactions are among the most frequently reported side effects, particularly during long-term treatment. These effects primarily arise from disruption of acid–base homeostasis following inhibition of carbonic anhydrase activity. In addition, interindividual variability in pharmacokinetics and pharmacodynamics, as well as differences in comorbid conditions, can influence therapeutic efficacy and tolerability. Collectively, these limitations highlight the need for careful patient selection, dose optimisation and the development of improved formulations to enhance the safety and effectiveness of CA inhibitors (Supuran CT, 2017).

Potential for Drug Interactions

CAIs should be carefully monitored for drug interactions due to their effects on acid–base balance and electrolyte homeostasis. Especially in patients treated with multiple drugs, the pharmacological effect of CAIs in combination with other agents may cause unexpected toxicities. For example, agents targeting the protozoan enzyme TgCA have been shown to be cross-active on human CA I and CA II isoforms (Giovannuzzi S et al, 2024). In such situations, dose adjustments and pharmacovigilance measures are required to minimise off-target effects. In addition, the role of renal clearance mechanisms in these interactions requires careful evaluation of drug elimination pathways.

Mechanisms of Resistance in Target Cells

In cancer treatment in particular, resistance mechanisms that develop in the target cells are an important factor limiting the efficacy of CAIs. Isoforms such as CA IX are known to facilitate cell survival by creating an acidic environment in the tumour microenvironment, and adaptation to this environment leads to pharmacological resistance over time. Recent studies show that increased CA IX expression is associated with stem cell-

like properties and plays a role in the development of therapy resistance (Mc Donald et al., 2012). In this context, it is of great importance to understand the resistance mechanisms at the molecular level and to develop new strategies targeting these mechanisms.

Challenges in Drug Formulation and Distribution

The pharmaceutical formulation of carbonic anhydrase inhibitors presents several challenges related to bioavailability and tissue distribution. Many compounds exhibit limited lipid solubility and rapid metabolism, which may restrict efficient access to target tissues. These pharmacokinetic constraints highlight the need for improved formulation strategies to enhance drug stability, optimise tissue penetration and achieve controlled therapeutic effects. Addressing such challenges remains an important aspect of ongoing research aimed at improving the clinical performance of carbonic anhydrase inhibitors (Supuran CT, 2017).

Therapeutic Applications

CAIs (Table 2) are among the most promising therapeutic agents, particularly in the field of oncology. Some tumour cells are known to overexpress isoenzymes such as CA IX and CA XII, making them ideal targets for CAIs. The detailed understanding of the molecular structures of these isoenzymes has made an important contribution to the development of selective inhibitors. Selective CA IX inhibitors such as SLC-0111 (U-104) have shown positive results in resistant tumour models such as triple negative breast cancer and small cell lung cancer (Williams et al., 2019). Similarly, research on hCA IX inhibitors has expanded our understanding of structure–activity relationships and is paving the way for the development of novel targeted therapeutic strategies (Zhang et al., 2021).

Table 2. Selected Carbonic Anhydrase Inhibitors: Clinical Applications and Mechanisms

Inhibitor Name	Clinical Applications	Mechanism of Action
Acetazolamide	Glaucoma; acute-mountainsickness; idiopathic intracranial-hypertension	Systemic inhibition of carbonic anhydrase (mainly CA II and CA IV), resulting in decreased aqueous humor production and increased renal bicarbonate excretion
Methazolamide	Glaucoma	Systemic carbonic anhydrase inhibition with similar efficacy to acetazolamide, but with a longer half-life and fewer renal side effects
Dorzolamide	Open-angle glaucoma; ocular hypertension	Topical inhibition of carbonic anhydrase II in the ciliary processes, leading to reduced aqueous humor secretion

A. Use in Glaucoma Treatment

The treatment of glaucoma is one of the areas where CAIs are most clinically effective. These drugs reduce elevated intraocular pressure (IOP) and help prevent disease progression and associated vision loss. Topically applied agents such as dorzolamide and brinzolamide have been shown to be effective in lowering IOP and are commonly used in the treatment of open-angle glaucoma. Systemic formulations, such as acetazolamide, have a stronger effect on IOP but carry a higher risk of systemic side effects. Therefore, topical CAIs are often preferred at the beginning of treatment (Kuryshva N, 2020). In clinical practice, CAIs are often used in combination with other ophthalmic medications in a “mix-and-match” strategy that provides a holistic approach to the patient’s overall eye health. In addition, the potential antioxidant effects of these agents have been investigated in recent years and combination drugs are being developed to treat not only the pressure but also the neurodegenerative aspects of glaucoma. In summary, CAIs continue to play an important role in the treatment of glaucoma and are considered one of the most important pharmacological tools to slow disease progression and improve quality of life in most clinical scenarios (Kuryshva N, 2020).

B. Role in the management of altitude sickness

Altitude sickness (acute mountain sickness) is a physiological stress response to hypobaric hypoxia and can lead to severe symptoms, especially with rapid changes in altitude. CAIs, particularly acetazolamide, play an important therapeutic role in the prevention and treatment of this condition.

Acetazolamide increases renal excretion of bicarbonate by inhibiting the CA enzyme. This leads to a mild metabolic acidosis, stimulates the respiratory centre and increases oxygen uptake through hyperventilation. In cases of hypoxaemia at high altitude, taking acetazolamide allows the body to adapt more quickly, reducing the severity of symptoms such as headaches, dizziness and fatigue. This pharmacological intervention is often referred to as prophylaxis, especially for people who are mountaineering, practising high altitude sports or working at high altitudes. It has also been reported that CA inhibitors can help prevent the development of more serious altitude-related complications, such as pulmonary and cerebral oedema. In conclusion, carbonic anhydrase inhibitors are clinically valuable agents for the understanding and treatment of high altitude physiology, and acetazolamide is one of the most preferred drugs in this context (Swenson ER, 2014).

C. Application in Cancer Treatment

CAIs have an important potential in cancer therapy as they contribute to the regulation of the intratumoral pH balance, especially in tumours with a hypoxic microenvironment. CA IX and CA XII isoforms are overexpressed in many solid tumours and are associated with poor prognosis and treatment resistance. These properties make them attractive targets for pharmacological intervention (Xiao-Qun Z et al., 2021). In ongoing studies, U-104 (SLC-0111), one of the ureido-substituted benzenesulfonamide derivatives, has shown therapeutic efficacy, particularly in triple-negative breast cancer models. In addition, the potential for synergistic effects has been reported when used in combination with chemotherapeutic agents such as cisplatin (Xiao-Qun Z et al., 2021). In addition, research on 2-(benzylsulfinyl) benzoic acid derivatives has contributed to the development of selective hCA IX inhibitors, deepening the understanding of structure-activity relationships. These developments emphasise the increasing importance of CAIs in targeted cancer therapies.

D. Potential in the Treatment of Metabolic Disorders

CA inhibitors are promising for the treatment of various metabolic disorders by specifically interfering with cellular metabolic processes. For example, inhibition of alpha-carbonic anhydrase, which *Toxoplasma gondii* requires for survival, shows that the parasite's energy metabolism can be disrupted without damaging the host cell (Mallia A, Brocquet al., 2025). Such selective targeting strategies suggest that CA inhibitors can both regulate metabolism at the cellular level and interfere with pathological processes. In addition, some preclinical studies comparing CA inhibition with corticosteroids have shown different efficacy profiles, particularly

in diseases such as macular oedema (L et al., 2024). These data open up potential opportunities for the use of CAIs in a wider range of metabolic diseases. Visual models showing the distribution of carbonic anhydrases at the cellular level contribute to our understanding of the importance of these enzymes in metabolic functions and the therapeutic efficacy of their inhibitors (Mallia A, Brocca et al., 2025).

E. Use in Neurological Conditions

Carbonic anhydrase inhibitors are increasingly being explored as potential therapeutic agents in neurological conditions involving metabolic dysregulation and hypoxic injury, including ischaemic brain damage. The pathophysiology of such conditions is closely associated with hypoxia, pH imbalance and neuronal injury resulting from impaired cerebral perfusion. By inhibiting carbonic anhydrase activity, these agents can modulate intracellular and extracellular pH, thereby limiting acidosis-related neuronal damage. Integrative evidence derived from *in vitro*, *in silico* and *in vivo* studies suggests that carbonic anhydrase inhibition may exert neuroprotective effects and support functional recovery following neurological injury. Furthermore, mapping the distribution of carbonic anhydrase isoforms within the brain provides valuable insights into their role in neuronal metabolism and highlights the therapeutic relevance of carbonic anhydrase inhibitors in neurological disorders (Allam et al., 2025).

Conclusion and Future Directions

Due to their role in fundamental physiological processes and their versatile therapeutic potential, CAIs are being studied with increasing interest in modern medicine. The functional diversity of different isoforms such as CA III and CA VII under oxidative stress conditions emphasises their importance as drug targets, particularly in cancer, neurological disorders and renal diseases. However, assessments based only on *in vitro* enzyme activity may result in some effective compounds being missed; therefore, more comprehensive cellular and *in vivo* analyses are required. Research on CAIs provides important information for the optimisation of treatment strategies. For example, peptide-drug conjugates that simultaneously target EGFR and CA IX demonstrate the success of dual targeted strategies at the molecular level in cancer treatment. On the other hand, studies with agents such as flupirtine have shown that CAIs may be inadequate in complex conditions such as obstructive sleep apnoea. The use of CAIs during pregnancy is a specialised clinical area that should be handled with caution. The existing literature contains serious shortcomings regarding the safety of these

drugs in pregnant women. Therefore, more comprehensive clinical studies on maternal-fetal pharmacokinetics, placental transmission and effects on fetal development are required. In addition, follow-up studies of pregnant women using CAIs during lactation may provide important contributions to the literature. For the safe management of this process, multidisciplinary approaches should be developed that allow the integration of different health disciplines.

To summarise, ongoing research on CAIs is shedding light not only on their basic biochemical functioning, but also on their applicability and clinical impact in various disease groups. In addition to indications such as glaucoma, oedema and epilepsy, CAIs are playing an increasingly important role in a broad spectrum of diseases ranging from nephrology, oncology and neurology to perinatal medicine. It is an important pharmacological agent with the advantages of modulating apoptosis mechanisms, sensitive control of acid-base balance and isoform-based targeting. In the future, the importance of these molecules in the healthcare system will increase with the development of formulations that increase the efficacy of CAIs, the implementation of patient-specific, personalised treatment protocols and the updating of clinical guidelines. Further studies in the light of structural biology, pharmacodynamic interactions and clinical follow-up data could lead to CAIs becoming one of the most important therapeutic elements in modern medicine.

References

- Allam AA, Rudayni HA, Ahmed NA, Aba Alkhayl FF, Lamsabhi AM, Kamel EM. Comprehensive insights into carbonic anhydrase inhibition: A triad of In vitro, In silico, and In vivo perspectives. *Enzyme Microb Technol.* 2025 Sep;189:110657. doi: 10.1016/j.enzmictec.2025.110657. Epub 2025 Apr 17. PMID: 40252302.
- Astrain-Redin N, Paoletti N, Plano D, Bonardi A, Gratteri P, Angeli A, Sanmartin C, Supuran CT. Selenium-analogs based on natural sources as cancer-associated carbonic anhydrase isoforms IX and XII inhibitors. *J Enzyme Inhib Med Chem.* 2023 Dec;38(1):2191165. doi: 10.1080/14756366.2023.2191165. PMID: 36938694; PMCID: PMC10035951.
- Bonardi A, Falsini M, Catarzi D, Varano F, Di Cesare Mannelli L, Tenci B, Ghelardini C, Angeli A, Supuran CT, Colotta V. Structural investigations on coumarins leading to chromeno[4,3-c]pyrazol-4-ones and pyrano[4,3-c]pyrazol-4-ones: New scaffolds for the design of the tumor-associated carbonic anhydrase isoforms IX and XII. *Eur J Med Chem.* 2018 Feb 25;146:47-59. doi: 10.1016/j.ejmech.2018.01.033. Epub 2018 Jan 12. PMID: 29407972.
- Buemi MR, De Luca L, Ferro S, Bruno E, Ceruso M, Supuran CT, Pospíšilová K, Brynda J, Čezáková P, Gitto R. Carbonic anhydrase inhibitors: Design, synthesis and structural characterization of new heteroaryl-N-carbonylbenzenesulfonamides targeting druggable human carbonic anhydrase isoforms. *Eur J Med Chem.* 2015 Sep 18;102:223-32. doi: 10.1016/j.ejmech.2015.07.049. Epub 2015 Jul 31. PMID: 26276436.
- Eldehna WM, Al-Ansary GH, Bua S, Nocentini A, Gratteri P, Altoukhy A, Ghabbour H, Ahmed HY, Supuran CT. Novel indolin-2-one-based sulfonamides as carbonic anhydrase inhibitors: Synthesis, in vitro biological evaluation against carbonic anhydrases isoforms I, II, IV and VII and molecular docking studies. *Eur J Med Chem.* 2017 Feb 15;127:521-530. doi: 10.1016/j.ejmech.2017.01.017. Epub 2017 Jan 11. PMID: 28109946.
- Futterknecht S, Chatzimichail E, Gugleta K, Panos GD, Gatzoufas Z. The Role of Rho Kinase Inhibitors in Corneal Diseases. *Drug Des Devel Ther.* 2024 Jan 19;18:97-108. doi: 10.2147/DDDT.S435522. PMID: 38264539; PMCID: PMC10804875
- Giovannuzzi S, De Luca V, Capasso C, Supuran CT. Exploring the Inhibition of *Toxoplasma gondii* α -Carbonic Anhydrase by Sulfonamides: Insights into Potential Drug Targeting. *Int J Mol Sci.* 2024 Dec 26;26(1):116. doi: 10.3390/ijms26010116. PMID: 39795973; PMCID: PMC11719606.
- Karaçelik, A. A., & Yalçın-Özkat, G. (2022). *Mentha longifolia* ssp. *longifolia* essential oil components as novel carbonic anhydrase isoform II and IX inhibitors.

- tors: Biological and molecular docking studies. *Letters in Drug Design & Discovery*, 20(6), 767–778. <https://doi.org/10.2174/1570180819666220510144912>
- Kumar M, Kaur K, Singh TG. Neuroprotective Effects of Carbonic Anhydrase Inhibition and Cyclic Adenosine Monophosphate Activation in Mouse Model of Transient Global Cerebral Ischemia and Reperfusion. *Neuro-molecular Med.* 2023 Jun;25(2):217–229. doi: 10.1007/s12017-022-08728-9. Epub 2022 Oct 28. PMID: 36306034.
- Kurysheva, N. I. (2020). Carbonic anhydrase inhibitors in the treatment of glaucoma: Review. Part II. *Ophthalmology in Russia*, 17(4), 676–682. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-676-682>
- Kuryshyeva, N. I., Abramov, A. A., & Ivanov, V. V. (2020). The role of acetazolamide in intraocular pressure management: Clinical perspectives. *Russian Ophthalmological Journal*, 13(2), 87–91. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-2-87-91>
- Langella E, Alterio V, D'Ambrosio K, Cadoni R, Winum JY, Supuran CT, Monti SM, De Simone G, Di Fiore A. Exploring benzoxaborole derivatives as carbonic anhydrase inhibitors: a structural and computational analysis reveals their conformational variability as a tool to increase enzyme selectivity. *J Enzyme Inhib Med Chem.* 2019 Dec;34(1):1498–1505. doi: 10.1080/14756366.2019.1653291.
- Mallia A, Brocca L, Papaanni GG, Banfi C. Carbonic anhydrases inhibition in the management of cardiovascular and cardiometabolic disorders. *Biomed Pharmacother.* 2025 Sep;190:118396. doi: 10.1016/j.biopha.2025.118396. Epub 2025 Aug 1. PMID: 40752418.
- McDonald PC, Winum JY, Supuran CT, Dedhar S. Recent developments in targeting carbonic anhydrase IX for cancer therapeutics. *Oncotarget.* 2012 Jan;3(1):84–97. doi: 10.18632/oncotarget.422.
- Monti SM, Supuran CT, De Simone G. Carbonic anhydrase IX as a target for designing novel anticancer drugs. *Curr Med Chem.* 2012;19(6):821–30. doi: 10.2174/092986712799034851.
- Occhipinti R, Boron WF. Role of Carbonic Anhydrases and Inhibitors in Acid-Base Physiology: Insights from Mathematical Modeling. *Int J Mol Sci.* 2019 Aug 6;20(15):3841. doi: 10.3390/ijms20153841.
- Supuran, CT. Carbonic anhydrases: novel therapeutic applications for inhibitors and activators. *Nat Rev Drug Discov* 7, 168–181 (2008). <https://doi.org/10.1038/nrd2467>.
- Supuran CT. Structure and function of carbonic anhydrases. *Biochem J.* 2016 Jul 15;473(14):2023–32. doi: 10.1042/BCJ20160115. PMID: 27407171.

- Supuran, C. T., Capasso, C., & Neri, D. (2017). Sulfonamides as carbonic anhydrase-inhibitors: A patent review. *Expert Opinion on Therapeutic Patents*, 27(7), 747-758. <https://doi.org/10.1080/13543776.2017.1318050>
- Supuran, C. T. (2020). Exploring the multiple binding modes of inhibitors to carbonic anhydrases for novel drug discovery. *Expert Opinion on Drug Discovery*, 15(6), 671-686. <https://doi.org/10.1080/17460441.2020.1743676>
- Swenson ER. Carbonic anhydrase inhibitors and high altitude illnesses. *Sub-cell Biochem.* 2014;75:361-86. doi: 10.1007/978-94-007-7359-2_18. PMID: 24146388.
- Van Dyke JU, Lindsay LA, Murphy CR, Thompson MB. Carbonic anhydrase II is found in the placenta of a viviparous, matrotrophic lizard and likely facilitates embryo-maternal CO₂ transport. *J Exp Zool B Mol Dev Evol.* 2015 Nov;324(7):636-46. doi: 10.1002/jez.b.22621. Epub 2015 Jun 7. PMID: 26055428.
- Williams KJ, Gieling RG. Preclinical Evaluation of Ureidosulfamate Carbonic Anhydrase IX/XII Inhibitors in the Treatment of Cancers. *Int J Mol Sci.* 2019 Dec 2;20(23):6080. doi: 10.3390/ijms20236080. PMID: 31810330; PMCID: PMC6928609.
- Xiao-Qun Z, Xian-Li M, Ariffin NS. The potential of carbonic anhydrase enzymes as a novel target for anti-cancer treatment. *Eur J Pharmacol.* 2024 Aug 5;976:176677. doi: 10.1016/j.ejphar.2024.176677. Epub 2024 May 31. PMID: 38825301
- Zhang, Z., Yang, H., Zhong, Y., Wang, Y., Wang, J., Cheng, M., & Liu, Y. (2021). Synthesis, Molecular Docking Analysis, and Biological Evaluations of Saccharide-Modified Sulfonamides as Carbonic Anhydrase IX Inhibitors. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(24), 13610. <https://doi.org/10.3390/ijms222413610>

Development of Balance Functions in Childhood and the Importance of Balance Impairments

Sanem Can Sarioğlu¹

Esra Buğra²

Deniz Uğur Cengiz³

Abstract

Balance is a fundamental skill that enables the performance of daily living activities. Balance skills are critical at every stage, from a baby learning to sit to an elderly person preventing falls. Maintaining balance control is related to three sensory systems: the vestibular, visual and somatosensory systems. These systems change and develop over time, from infancy to adulthood. As a result of this change, postural control becomes more stable and reaches adult levels. However, postural control is not regulated solely by sensory inputs. Many factors, such as motor responses, adaptive skills and cognitive status, also contribute to this process. Childhood is a critical period in which motor skills develop rapidly and the balance system begins to mature. Balance functions directly affect a child's interaction with their environment, safe movement and healthy neuromotor development. Detailed knowledge of the developmental stages of balance functions in childhood is critical for early detection of any unusual conditions. Accordingly, this chapter will discuss the development of balance functions and the importance of balance disorders in childhood.

- 1 Araştırma Görevlisi, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü, sanemcan.colak@inonu.edu.tr, 0000-0002-7566-7964
- 2 Uzman Odyolog, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Bilim Dalı, esrabgr54@gmail.com, 0009-0002-5297-5216
- 3 Doçent Doktor, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü, deniz.cengiz@inonu.edu.tr, 0000-0002-7855-0251

1. Components of the Balance System

Balance is a complex function achieved by the integration of sensory information from the vestibular, visual and somatosensory systems by the central nervous system (1). This integration provides postural control, enabling individuals to maintain their balance in various environments (2). The vestibular system provides fundamental information about head position, linear and angular movement to maintain balance and plays a crucial role in this process. The information provided by this system is decisive in postural regulation. The visual system supports postural stability by providing information about the environment (3). The somatosensory system provides information about the body's position in space through proprioceptive feedback from musculoskeletal structures (4). The appropriate processing of sensory inputs from these three systems and their integration with motor outputs forms the basis of static and dynamic balance performance. Since the maturation rates of these components differ during childhood, balance development also follows an age-dependent course.

2. Neurodevelopment of Postural Control in Childhood

2.1. Maturation of the Vestibular System and Reflexes

The maturation and integration of sensory systems play a critical role in the development of balance control. The vestibular system is a sensory system that begins to develop rapidly in the prenatal period and can perform its basic functions some time after birth. The vestibular organ begins to develop around the 3rd week and completes its development around the 25th week of gestation (5). Peripheral vestibular structures such as the semicircular canals, utricle and saccule begin to form in the 7–8th weeks of the embryonic period; they are largely morphologically complete by the 20th week of gestation. Differentiation of vestibular hair cells and projection of peripheral afferents to the brainstem intensify in the third trimester and reach functional activity just before birth (6, 7).

In the postnatal period, the basic reflexes of the vestibular system become functional. However, the gain values, fine adjustments and central integration processes of these reflexes continue to develop (8). While the vestibuloocular reflex, which ensures the stability of the visual field during head movement, generally approaches adult levels around 2–3 years of age, it may take until the preschool period for the reflex to reach full accuracy and stability. In this process, the plasticity between the flocculonodular lobe of the cerebellum and the vestibular nuclei is particularly critical for the development of the vestibuloocular reflex (9, 10). The vestibulospinal reflex,

another important reflex of the vestibular system, is one of the fundamental reflexes that stabilizes postural control and helps maintain posture. It has a more complex neural mechanism than the vestibuloocular reflex. The effectiveness of the vestibulospinal reflex mechanism in postural control of the vestibular system continues to develop until the age of 15-16 (11). Another important reflex is the vestibulocolic reflex, which helps stabilize the visual system by ensuring the stability of the head and neck during movement. The reason for weak head control in newborns is that the vestibulocolic reflex and the neck extensor muscles are not yet fully mature. From the 3rd month onwards, the vestibulocolic reflex becomes more consistent in parallel with the development of the neck muscles and from the 6th month onwards, it undergoes a significant functional maturation phase (12-14).

The central maturation of the vestibular system is crucial not only at the reflex level but also in terms of the development of postural control. The ability to integrate vestibular inputs with proprioceptive and visual information allows children to adapt more effectively to environmental changes as they age. Multisensory integration skills show significant development, particularly between the ages of 4 and 6 and during this period, children begin to use strategies such as ankle and step strategies. This development is related to the myelination of the vestibulospinal pathways and the maturation of connections between the cerebral cortex and the brainstem (15, 16).

This maturation process, which continues until adolescence, also strengthens the contribution of the vestibular system to tasks related to motor and cognitive processes. The accuracy and consistency of vestibular inputs gradually increase in higher-level functions such as motor planning, spatial awareness and orientation. Therefore, early and orderly development of the vestibular system is a fundamental determinant of postural control, motor coordination and movement safety in childhood.

2.2. Developmental Stages of Balance Functions

The components of the balance system develop over time during childhood. These systems are in a constant state of development to perform daily living activities, produce responses and develop motor skills (17). The development of neurological processes involved in balance is rapid during childhood and adolescence (18). Children develop various balance strategies from the first years of life. In early childhood, postural control in sitting and walking is largely based on biomechanical references (19). Over time, more complex systems come into play in line with changing postural needs

and in increasingly challenging conditions. At this stage, head and neck stabilization and coordination of the trunk and extremities are provided through multisensory integration (20).

2.2.1. Neonatal Period (0-1 month)

Development in children progresses cephalocaudally, with the head, trunk and feet developing first. Although the vestibular system is functional after birth, it is not yet developed and has limited functionality. Muscle tone is the primary determinant of postural stability in the early stages of life. During this period, muscle development has not yet reached the level required to provide stability (5).

2.2.2. Infancy Period (2-12 months)

A normal baby can hold its head straight at 6 weeks old and can lift it above the horizontal line around 12 weeks. By 16 weeks, it can move its head horizontally to observe its surroundings (5). Head control becomes significantly better around 4-6 months. A more stable posture is achieved in a sitting position at 6 months and by 9 months, it can sit unsupported for a few minutes. These processes occur thanks to the integration of vestibular information and proprioceptive information received from the cervical system. Around 12 months, it can crawl and stand with support (21, 22).

2.2.3. Early Childhood Period (1-3 years)

During this period, the child begins to walk without support. Parameters of walking such as speed, stride length and foot span develop over time. In order to adapt to changing conditions, he/she begins to use strategies such as ankle, hip and stepping. Towards the end of this period, swing decreases, but full maturation has not yet occurred (23).

2.2.4. Preschool Period (3-6 years)

This period is when postural control develops rapidly. It is reported that the somatosensory system is fully developed at 3-4 years of age (24) and at the latest at 6 years of age (25). However, some studies indicate that children at this age have not yet completed their motor development and do not have enough motor experience (26). Between the ages of 4-5, children can use rapid and large posture adjustment strategies under changing conditions (27). However, full adaptation may not yet be observed.

2.2.5. School Age (6-12 years)

Children can now maintain stabilization even under challenging conditions that disrupt the balance system (5). Improvements in postural performance are more pronounced between the ages of 8-10 because integration is better (27, 28). Increased physical activity during school age contributes to the development of balance performance during this period.

2.2.6. Adolescence (12-18 years)

Adolescence is the period when balance performance and postural control come closest to adult levels. Balance performance improves with the maturation of the musculoskeletal system, the development of sensory systems, multisensory integration and motor planning (29). However, evidence exists in the literature that it does not fully reach adult levels. Adults can maintain postural control even with incorrect visual input because they have a well-developed vestibular system. However, children around 12 years of age cannot adapt to incorrect visual input. This indicates that the vestibular system is still in the developmental stage (5).

2.3. Critical Periods

Studies in the literature show that postural stability increases over time (30). However, there may be some critical periods in this process. Balance development can generally be divided into 4 stages (5). The first stage is the time between birth and standing. During this process, muscle control begins first in the neck. The baby first tries to keep its head stable, muscle control is in the trunk during the sitting stage and later, during the standing stage, muscle control is provided by the feet. The second stage is the time between standing and 6 years of age. During this period, the visual, vestibular and somatosensory systems mature and sensory weighting mechanisms develop (31). Development shows caudocephalic progression during this period. First, coordination of hip movements is achieved, followed by coordination of the shoulders and neck (5). During this period, the capacity to adapt to environmental changes increases. The third stage is the period from 7 years of age to adolescence. This process is an important one in balance control. Multisensory integration mechanisms begin to approach the adult level and the central processing of vestibular inputs matures significantly. Increased stimulation of the vestibulospinal pathways produces more stable responses under challenging conditions (32, 33). The fourth stage is reached in adulthood and at this stage, all mechanisms are activated and postural control is fully achieved (5).

Many variables influence postural control and balance performance. This is related not only to sensory systems and physiological development, but also to cognitive functions, muscle strength and participation rates in physical activity, as well as the central nervous system's capacity for motor response generation, strategy development and adaptation (34- 36). Each sensory system has individual characteristics in its developmental process and dominance. Therefore, each child should be evaluated on their own individual basis.

3. Balance Disorders Seen in Childhood

Balance disorders in childhood arise from the inability of one or more of the structures responsible for postural control mechanisms to perform their function (37). For this reason, balance disorders should be considered as a multidimensional problem involving the interaction of the vestibular system, visual system, somatosensory inputs and central motor planning processes.

Balance disorders in childhood can result from vestibular pathologies, visual abnormalities, musculoskeletal disorders, neurological or psychological problems. Studies in the literature show that vestibular pathologies are frequently responsible for balance disorders in childhood. The most common diseases are vestibular migraine and benign paroxysmal vertigo of childhood (38). Benign paroxysmal vertigo of childhood is generally characterized by sudden onset, short-term vertigo attacks that usually occur in the preschool period (39). Vestibular migraine, on the other hand, usually appears in the preschool or school-age period and is characterized by attacks of dizziness accompanied by headache (40). The visual system is one of the fundamental components of balance and plays a critical role in the development of balance functions during childhood. A lack of visual input, incorrect visual input, or disorders in the processing of visual stimuli at the central level can lead to significant balance problems in children (41, 42). A disorder in the musculoskeletal system results in incorrect proprioceptive input, which is another factor affecting balance performance in children. In particular, in growing children, the incomplete development of the musculoskeletal system can affect the balance system. Conditions such as flat feet, spinal curvatures, muscle weakness or muscle tone disorders, overweight, or low musculoskeletal mass affect the center of gravity of the body and may be insufficient to produce an appropriate motor response for maintaining balance (43-45). Balance disorders also occur as a result of pathologies affecting the central nervous system, such as cerebral palsy, epilepsy, cerebellar and brainstem lesions, tumors and demyelinating diseases. Therefore, vestibular assessment and early intervention are critically

important for motor development and quality of life in children with neurological disease (46, 47).

4. The Effects of Balance Loss on Children's General Life

4.1. Motor Skills

Balance plays a crucial role in the development of motor skills in children. It forms the basis of skill-based movements and the overall development of motor behavior. By influencing various motor skills, it supports physical development and is important in improving children's ability to participate in complex movements (48). Impairments in postural control mechanisms can lead to delays in acquiring both static and dynamic motor skills such as walking, running, standing on one leg, climbing stairs, jumping and ball control. Children with imbalance have slower movements because they have insufficient proprioceptive feedback. This negatively affects motor learning processes and delays the development of coordination. Long-term balance disorders reduce participation in physical activity, limit the development of muscle strength and can further affect motor performance (49).

4.2. Activities of Daily Living

Children with balance disorders experience greater difficulty performing daily living activities. Many functional tasks such as walking, running, climbing stairs, tying shoelaces, playing, riding a bicycle and engaging in physical activities, as well as dressing and bathing, are related to the balance system. A disorder in the balance system may prevent these activities from being performed or may result in decreased performance (50, 51). This situation limits the child's physical, social and emotional development, reducing their quality of life. In addition, limitations in daily activities lead to decreased physical independence at home, school and in social life.

4.3. Cognitive Processes

There are connections between balance and cognitive processes. Vestibular information is transmitted to the limbic and cortical regions of the brain and the vestibular system has connections, particularly with the hippocampus. Due to these connections, vestibular disorders affect cognitive processes (52). In particular, executive functions, spatial memory, attention, dual-tasking performance and information processing speed can be affected by balance functions (53). Children with imbalance may experience difficulties in problem-solving, planning, motor-cognitive integration and processing environmental stimuli.

4.4. Academic Performance

Impairments in balance functions can affect academic achievement both directly and indirectly (54). The vestibular system interacts with mechanisms that support learning processes such as eye movement stabilization, attention, memory and spatial positioning. Therefore, children with balance disorders may have difficulty reading books, following the blackboard or teacher and studying. In addition, they may be unable to perform daily living activities due to balance problems, their participation in physical activities may decrease, they may experience social isolation as a result of physical and mental fatigue and psychological problems associated with balance disorders and their school performance may decrease (55). The literature reports that vestibular dysfunction is associated with learning disabilities, reading problems and attention deficit (56).

4.5. Psychosocial Effects

Balance disorders significantly affect not only physical performance but also the psychosocial development of children. Children with balance problems may have difficulty coordinating their movements during play activities with their peers, which can lead to decreased participation in physical activities, lack of self-confidence and social isolation (48). This can create a cycle that exacerbates both physical and emotional difficulties. Experiences of physical failure can create frustration in children, leading to anxiety, shyness and emotional stress (57). Depressive symptoms and behavioral adjustment problems are reported more frequently, especially in children with chronic balance problems (58).

5. Management of Balance Disorders in Children

Diagnosis is the first step in managing balance disorders in children. The pathology causing the balance disorder must be identified and the treatment process should be planned accordingly. Managing this process requires a multidisciplinary approach. As we have mentioned before, the development of balance functions in childhood is multidimensional and each child should be evaluated individually (59, 60). In the evaluation of balance disorders, a detailed history should be taken and a comprehensive assessment of the vestibular system, neurological evaluation, developmental and psychological evaluation should be performed. The treatment protocol should be determined with a multidisciplinary approach, appropriate to the pathology causing the balance disorder. The basic approach in disorders originating from vestibular system pathologies is vestibular rehabilitation (61). Vestibular rehabilitation is a therapeutic approach consisting of a

series of exercises involving eye and head movements. The aim of vestibular rehabilitation is to increase head and eye coordination, improve postural stability and support multisensory integration. Various studies have shown that vestibular rehabilitation is effective in reducing dizziness, imbalance and motor coordination difficulties in children (62, 63).

Play-based therapeutic approaches are intervention methods consisting of play activities to support the development of balance and motor control in children (64). In these approaches, play is used as a fun tool that increases the child's motivation and strengthens sensorimotor integration processes. Rotation, jumping, climbing, ball games, or walking on a balance board, which involve vestibular stimuli, are frequently used examples. Such games aim to improve the child's postural control, dual-task performance and motor planning skills. Research shows that play-based interventions lead to significant improvements in higher-level motor skills, gait stability and daily living functions (65, 66).

6. Conclusion and Recommendations

The development of balance functions in children progresses rapidly from birth. The vestibular system, the mechanism responsible for maintaining balance, processes visual and somatosensory inputs and develops over time. A disruption in these developmental milestones can affect a child's motor development, cognitive functions, psychological state and social life and may impair their quality of life in the long term. Early diagnosis of balance disorders allows for timely intervention, reducing long-term effects. Vestibular rehabilitation and play-based approaches support balance development in children and stabilize postural control. However, for sustainable support of balance development, the involvement of families and teachers is necessary. Regular screening of children with neurodevelopmental disorders, vestibular system pathologies and developmental coordination disorders allows for both early detection of developmental delays and timely application of individualized interventions.

References

- Nashner, L. M. (2009). Balance and Posture Control. <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00274-6>
- Horak, F. B., Shupert, C. L., & Hlavačka, F. (1995). Vestibular-somatosensory interactions for human posture. In *Multisensory control of posture* (pp. 237-242). Boston, MA: Springer US.
- Redfern, M. S., Yardley, L., & Bronstein, A. M. (2001). Visual influences on balance. *Journal of anxiety disorders*, 15(1-2), 81-94.
- Fukuoka Y, Nagata T, Ishida A, Minamitani H. (2001) Characteristics of somatosensory feedback in postural control during standing. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2001 Jun;9(2):145-53. doi: 10.1109/7333.928574. PMID: 11474967.
- Gökdoğan O. (2022) Vestibüler Sistemin Embriyolojisi, Anatomisi, Fizyolojisi ve Matürasyonu. *Pediyatrik Odyoloji* (Ed.Genç G.A, Gökdoğan Ç.)
- Curthoys, I. S., & Halmagyi, G. M. (1995). Vestibular compensation: A review of the oculomotor, neural, and clinical consequences of unilateral vestibular loss. *Journal of Vestibular Research*, 5(1), 67-107.
- Sans, A., & Raymond, J. (1983). Prenatal development of vestibular receptors in man. *Acta Otolaryngologica*, 95(1-2), 33-47.
- Cioni, G., Favilla, M., Ghelarducci, B., & La Noce, A. (1984). Development of the dynamic characteristics of the horizontal vestibulo-ocular reflex in infancy. *Neuropediatrics*, 15(03), 125-130.
- Gurley, J. M., & Japan, S. (2009). Development of vestibulo-ocular reflex function in children. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 17(5), 376-381.
- Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2015). *The Neurology of Eye Movements* (5th ed.). Oxford University Press.
- Morlet, T. (2013). Physiology and maturation of balance mechanisms. In *Manual of pediatric balance disorders* (p. 17). Plural Publishing.
- Lacquaniti, F., Ivanenko, Y. P., & Zago, M. (2012). Development of human locomotion. *Current opinion in neurobiology*, 22(5), 822-828.
- Okado N. (1981) Development of the vestibular nuclei in the human fetus: a morphological study. *Brain Dev*. 3(1), 41-47.
- Brandt T. (2013) *Vestibular System: Anatomy and Physiology*. Oxford University Press.
- Angelaki, D. E., & Cullen, K. E. (2008). Vestibular system: The many facets of a multimodal sense. *Annual Review of Neuroscience*, 31, 125-150.
- Assaiante, C., & Amblard, B. (1995). An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science*, 14(1), 13-43.

- Forssberg, H., & Nashner, L. M. (1982). Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance. *Journal of Neuroscience*, 2(5), 545-552.
- Chugani HT. (1998). A critical period of brain development: studies of cerebral glucose utilization with PET. *Prev Med.* 27,184-188. doi:10.1006/pmed.1998.0274
- Assaiante C, Mallau S, Viel S, Jover M, Schmitz C. (2005). Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plast.* 12(2-3), 109-18, 263-72.
- Cumberworth, V. L., Patel, N. N., Rogers, W., & Kenyon, G. S. (2007). The maturation of balance in children. *The Journal of Laryngology & Otology*, 121(5), 449-454.
- Amiel-Tison, C., & Grenier, A. (1986). Neurological development from birth to six years. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (1985). The development of posture and gait control. *Advances in Psychology*, 27, 77-114.
- Assaiante, C. (1998). Development of locomotor balance control in healthy children. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 22(4), 527-532.
- Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol* 48: 477-82.
- Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait Posture* 23: 455-63.
- Assaiante, C., Mallau, S., Viel, S., Jover, M., & Schmitz, C. (2005). Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural plasticity*, 12(2-3), 109-118.
- Kirshenbaum, N., Riach, C., & Starkes, J. (2001). Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Experimental brain research*, 140(4), 420-431.
- Schmid, M., Conforto, S., Lopez, L., Renzi, P., & D'Alessio, T. (2005). The development of postural strategies in children: a factorial design study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2(1), 29.
- Peterson, M. L., Christou, E. A., & Rosengren, K. S. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, 23(4), 455-463.
- de Sá, C. D. S. C., Boffino, C. C., Ramos, R. T., & Tanaka, C. (2018). Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Brazilian journal of physical therapy*, 22(1), 70-76.

- Assaiaante, C., Mallau, S., Jover, M., Schmitz, C., Bollini, G., & Vaugoyeau, M. (2005). Development of postural control in healthy children and adolescents: A sensorimotor approach. *Neurophysiologie Clinique*, 35(5), 227–238.
- Hsu, Y.-T., Kuan, C.-C., Young, Y.-H., & Tang, P.-S. (2009). Development of the sensory organization in children. *Acta Oto-Laryngologica*, 129(10), 1049–1054.
- Peterson, M. L., Christou, E. A., & Rosengren, K. S. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, 23(4), 455–463.
- Barnett LM, van Beurden E, Morgan PJ, Brooks LO, Beard JR. (2009). Childhood motor skill proficiency as a predictor of adolescent physical activity. *J Adolesc Health*. 44(3):252–259
- Smith L, Fisher A, Hamer M. (2015). Prospective association between objective measures of childhood motor coordination and sedentary behaviour in adolescence and adulthood. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 12:75
- Assaiaante C, Mallau S, Viel S, Jover M, Schmitz C. (2005). Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plast*. 12(2-3):109-18; discussion 263-72. doi: 10.1155/NP.2005.109. PMID: 16097479; PMCID: PMC2565455.
- Geuze RH. (2005). Postural control in children with developmental coordination disorder. *Neural Plast*. 12(2-3),183-96, 263-72. doi: 10.1155/NP.2005.183. PMID: 16097486; PMCID: PMC2565450.
- Van De Berg, R., Widdershoven, J., Bisdorff, A., Evers, S., Wiener-Vacher, S., Cushing, S. L., ... & Lempert, T. (2021). Vestibular migraine and recurrent vertigo of childhood: diagnostic criteria consensus document of the classification committee of vestibular disorders of the b  r  ny society and the international headache society. *Journal of Vestibular Research*, 31(1), 1-9.
- Mierzwiński, J., Polak, M., Dalke, K., Burduk, P., Ka  mierczak, H., & Modrzyński, M. (2007). Benign paroxysmal vertigo of childhood. *Otolaryngologia Polska*, 61(3), 307-310.
- Batuecas-Caletrio A, et al. (2013). Vestibular migraine in children: clinical features and diagnostic challenges. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 77, 107–111.
- Zipori AB, Colpa L, Wong AMF, Cushing SL, Gordon KA. (2018). Postural stability and visual impairment: Assessing balance in children with strabismus and amblyopia. *PLoS One*. 18,13(10), e0205857. doi: 10.1371/journal.pone.0205857. PMID: 30335817; PMCID: PMC6193669.

- Barela JA, Sanches M, Lopes AG, Razuk M, Moraes R. (2011). Use of monocular and binocular visual cues for postural control in children. *J Vis.* Oct 17,11(12),10. doi: 10.1167/11.12.10. PMID: 22004694.
- Wako, M., Fujimaki, T., Ichikawa, J., Shinohara, R., Otawa, S., Kobayashi, A., ... & Haro, H. (2025). Relationship of Flatfoot to physical performance and postural stability in Children: The Yamanashi Adjunct Study of the Japan Environment and Children's Study. *Gait & Posture*, 109992.
- Wilczyński J, Lipińska-Stańczak M, Wilczyński I. (2020). Body Posture Defects and Body Composition in School-Age Children. *Children (Basel)*. 29, 7(11), 204. doi: 10.3390/children7110204. PMID: 33138013; PMCID: PMC7694094.
- Ziętek, M., Machniak, M., Wójtowicz, D., & Chwałczyńska, A. (2022). The incidence of body posture abnormalities in relation to the segmental body composition in early school-aged children. *International journal of environmental research and public health*, 19(17), 10815.
- Ghai S, Hakim M, Dannenbaum E, Lamontagne A. (2019). Prevalence of Vestibular Dysfunction in Children With Neurological Disabilities: A Systematic Review. *Front Neurol.* 17,10,1294. doi: 10.3389/fneur.2019.01294. PMID: 31920918; PMCID: PMC6928113.
- Balzanelli C, Spataro D, Redaelli de Zinis LO. (2021). Prevalence of Pediatric and Adolescent Balance Disorders: Analysis of a Mono-Institutional Series of 472 Patients. *Children (Basel)*. 16,8(11),1056. doi: 10.3390/children8111056. PMID: 34828769; PMCID: PMC8625109.
- Williams, H., McClenaghan, B., Ward, D., Carter, W., Brown, C., Byde, R., Johnson, D., & Lasalle, D. (1986). Sensory-Motor Control and Balance: A Behavioural Perspective. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4462-6_14
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. (2017). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Cairney J, Hay JA, Fought BE, Wade TJ, Corna L, Flouris A. (2005). Developmental coordination disorder, generalized self-efficacy toward physical activity, and participation in organized and free play activities. *J Pediatr.* 147(4), 515-20. doi: 10.1016/j.jpeds.2005.05.013. PMID: 16227039.
- Rivilis, I., Hay, J., Cairney, J., Klentrou, P., Liu, J., & Fought, B. E. (2011). Physical activity and fitness in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Research in developmental disabilities*, 32(3), 894-910.
- Smith, P. F. (2017). The vestibular system and cognition. *Current opinion in neurology*, 30(1), 84-89.
- Bigelow RT, Agrawal Y. (2015). Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory. *J Vestib Res.* 25(2), 73-89. doi: 10.3233/VES-150544. PMID: 26410672.

- Shachaf, M., Laslo-Roth, R., & Rosenstreich, E. (2019). Postural stability and academic achievements among fifth graders: An experimental field study. *Annals of Cognitive Science*, 3(1), 78-85.
- Conde-Vázquez, O., Calvo-Moreno, S., & Palma-Sánchez, J. The Impact of Balance as a Motor Skill in Academic Achievement in School-Aged Children. A Cross-Sectional Study. A Cross-Sectional Study.
- Jelle Vuijk, P., Hartman, E., Mombarg, R., Scherder, E., & Visscher, C. (2011). Associations between academic and motor performance in a heterogeneous sample of children with learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 44(3), 276-282.
- Engel-Yeger B, Hanna Kasis A. (2010). The relationship between Developmental Co-ordination Disorders, child's perceived self-efficacy and preference to participate in daily activities. *Child Care Health Dev.* 36(5), 670-7. doi: 10.1111/j.1365-2214.2010.01073.x. Epub 2010 Apr 15. PMID: 20412146.
- Liu, B., Li, B., Zhang, L., Liu, W., Shao, J., Chen, M., & Zhang, J. (2021). The characteristic analysis of benign paroxysmal vertigo and vestibular migraine in children with anxiety and depression. *Lin Chuang er bi yan hou tou Jing wai ke za zhi*= *Journal of Clinical Otorhinolaryngology, Head, and Neck Surgery*, 35(5), 416-419.
- Schmid, M., Conforto, S., Lopez, L. et al. (2005). The development of postural strategies in children: a factorial design study. *J Neuro Engineering Rehabil* 2, 29 (2005). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-2-29>
- Cheung, T. C., & Schmuckler, M. A. (2024). Multisensory and biomechanical influences on postural control in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 238, 105796.
- Rine, R. M. (2018, August). Vestibular rehabilitation for children. In *Seminars in hearing* (Vol. 39, No. 03, pp. 334-344). Thieme Medical Publishers.
- Melo, R. S., Lemos, A., Paiva, G. S., Ithamar, L., Lima, M. C., Eickmann, S. H., ... & Belian, R. B. (2019). Vestibular rehabilitation exercises programs to improve the postural control, balance and gait of children with sensorineural hearing loss: A systematic review. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 127, 109650.
- Medeiros, I. R., Bittar, R. S., Pedalini, M. E. B., Lorenzi, M. C., Formigoni, L. G., & Bento, R. F. (2005). Vestibular rehabilitation therapy in children. *Otology & Neurotology*, 26(4), 699-703.
- Haghighi, M., Javid, P., Emami, K. M., & Barati, A. (2021). The effects of game therapy on the static and dynamic balance of 4-10-year-old children with spastic diplegic cerebral palsy.
- Szturm T, Parmar ST, Mehta K, Shetty DR, Kanitkar A, Eskicioglu R, Gaonkar N. (2022). Game-Based Dual-Task Exercise Program for Children with

Cerebral Palsy: Blending Balance, Visuomotor and Cognitive Training: Feasibility Randomized Control Trial. *Sensors* (Basel). 19, 22(3), 761. doi: 10.3390/s22030761. PMID: 35161508; PMCID: PMC8838424.

Harbourne RT, Dusing SC, Lobo MA, McCoy SW, Koziol NA, Hsu LY, Willett S, Marcinowski EC, Babik I, Cunha AB, An M, Chang HJ, Bovaird JA, Sheridan SM. (2021). START-Play Physical Therapy Intervention Impacts Motor and Cognitive Outcomes in Infants With Neuromotor Disorders: A Multisite Randomized Clinical Trial. *Phys Ther.* 4, 101(2), 232. doi: 10.1093/ptj/pzaa232. PMID: 33382406; PMCID: PMC7910024.

Prevention and Intervention Approaches for Balance Impairment During the Aging Process

Sanem Can Sarioğlu¹

Esra Buğra²

Deniz Uğur Cengiz³

Abstract

Physiological, environmental, and psychosocial changes that occur with aging significantly increase the risk of balance disorders and falls in older individuals. This section discusses the structural and functional changes that occur in the vestibular, visual, and somatosensory systems during aging, and explains the impact of these changes on postural control, balance strategies, and activities of daily living. It also discusses how additional factors such as chronic diseases, multiple medication use, decreased cognitive function, and environmental risks can trigger balance loss. Physical activity, vestibular rehabilitation, technology-assisted practices, and environmental adjustments are intervention strategies for managing balance loss in the elderly. Exercise programs that include aerobic, strength, and resistance training have been shown to improve muscle strength, proprioceptive feedback, and postural stability, while vestibular rehabilitation has been shown to significantly improve vestibulo-ocular control, balance, and walking performance despite the decline in central plasticity with age. Technological approaches such as virtual reality and wearable sensors have been reported to contribute to rehabilitation by providing motivation, objective assessment, and real-life-like stimuli. It has been argued that home adjustments and counseling processes play a critical role in reducing the risk of falls, raising awareness, and improving treatment adherence. Consequently, managing balance disorders in older adults requires

- 1 Araştırma Görevlisi, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü, sanemcan.colak@inonu.edu.tr, 0000-0002-7566-7964
- 2 Uzman Odyolog, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Bilim Dalı, esrabgr54@gmail.com, 0009-0002-5297-5216
- 3 Doçent Doktor, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü, deniz.cengiz@inonu.edu.tr, 0000-0002-7855-0251

a holistic approach. The use of individualized assessment and intervention programs is the most effective method for improving independence, safety, and quality of life for older adults.

1. Introduction

The proportion of the elderly population worldwide is increasing due to rapid advances in medical science, public health, and socioeconomic development (1, 2). To reduce the effects of aging, an inevitable biological process, on individuals and to facilitate its continuation, experts have focused on the concept of “healthy aging.” Aging is a progressive, time-dependent negative impact on physiological integrity, leading to a decreased functional capacity and increased susceptibility to disease (3). Healthy aging aims to maintain physical, mental, and social well-being in response to these negative effects of the aging process.

Loss of balance is among the health problems that arise with aging. Epidemiological studies in the literature indicate that its prevalence ranges from 20% to 50% (4, 5). Because balance disorders in older individuals involve many systems, they require detailed evaluation. While balance disorders can have multidimensional effects, such as the inability to perform activities of daily living, dependence, social isolation, anxiety, and depression, imbalance can lead to falls and, as a result, injuries, traumatic fractures, and even death (6). Fall-related injuries are of vital importance in geriatric individuals in society. Falls are seen at a rate of 28-35% in people over 65, while falls occur at a rate of 32-42% in people over 75 (7). Loss of balance in the elderly should be addressed not only as a physiological problem but also as a significant public issue affecting quality of life and survival. Therefore, prevention and intervention approaches to balance loss are gaining importance for the concept of healthy aging.

2. Physiological Changes Affecting Balance During the Aging Process

The mechanism underlying balance loss in the elderly is multifactorial (8). Balance is maintained through the integration of vestibular, visual, and proprioceptive inputs into the central system and the transmission of output to the musculoskeletal system. With aging, the function of these components gradually declines, and balance loss results from changes in any of these systems (9, 10).

2.1. Changes in the Vestibular System

The vestibular organs consist of three semicircular canals and two otolith organs. The semicircular canals detect angular movements of the head, while the otolith organs detect linear movements. Head movements are detected and transmitted to the superior center via receptor cells located within the vestibular organs (11). The receptors contain two types of hair cells (Type I and Type II). Hair cell density decreases with age (12). Scarpa's ganglion contains the cell bodies of vestibular afferent neurons, which transmit signals from hair cells to the brain. A decrease in the number of ganglion cells also occurs with age (13). Calcium carbonate crystals called otoconia, which sense gravity and linear acceleration in the otolith organs, also change shape with age and decrease in number and volume over time (14).

Aging can also cause changes in the central vestibular system. Changes in hair cells and nerves lead to a decrease in vestibular afferent signals to the central nervous system (15). Following vestibular damage, the development of vestibular compensation slows down, and neurochemical changes can be observed (16). These changes in the vestibular system cause balance disorders such as dizziness and postural instability in elderly individuals.

2.2. Changes in the Visual System

Accurate and clear vision provides the information necessary to perceive the environment. The visual system is a crucial mechanism for maintaining body balance. Generally, vision gradually deteriorates after age 50 (17). Various changes occur in the visual system with aging, directly affecting postural stability. Decreased visual acuity and loss of focus reduce the clarity of environmental cues, resulting in distorted visual input (18). Decreases in contrast sensitivity and depth perception impair the ability to detect uneven surfaces, detect changes in terrain, and perceive distances. This can lead to loss of balance and falls (19, 20).

2.3. Changes in the Somatosensory System

During walking, joint and muscle mechanoreceptors provide information that helps coordinate each step and ensure optimal foot placement (21). Aging causes a series of degenerative changes in the musculoskeletal system at both structural and functional levels (22). Functional deterioration of tendons and joints, loss of muscle mass, and decreased muscle strength and endurance (23) occur. Consequently, postural stability decreases, balance control slows, sensory integration is impaired, and the risk of falls increases.

3. Risk Factors Associated with Loss of Balance in Elderly People

While aging is the primary cause of balance disorders, several risk factors increase the susceptibility to balance-related problems in older adults. These risk factors can be both self-inflicted and environmental.

3.1. Chronic Diseases and Medication Use

The distribution of chronic diseases in the elderly in our country reveals a wide variety (24). Chronic diseases can affect one or more components of the balance system. Diseases such as hypertension, chronic heart failure, and diabetes are linked to balance disorders, particularly in elderly individuals experiencing dizziness. Circulatory system deterioration affects the inner ear and can cause dizziness (25). Musculoskeletal degeneration such as osteoporosis and sarcopenia reduces muscle strength and joint proprioception. Neurodegenerative diseases can impair the central integration of sensory input (4).

Elderly individuals may use many medications to combat chronic diseases. In addition to the diseases themselves, the medications used can also cause symptoms such as dizziness and imbalance. This can vary depending on the active ingredients and dosages of the medications. Antihypertensives, diuretics, antidepressants, antihistamines, anticholinergics, and opioids, commonly used during this period, can cause balance disorders (26, 27).

3.2. Decline in Cognitive Functions

The aging process leads to significant changes not only in physical but also in cognitive functions (28). Declines in attention, memory, executive functions, and processing speed can affect older individuals' postural control and ability to maintain activities of daily living (29). Cognitive function losses limit the effective use of sensorimotor feedback mechanisms in older individuals; divided attention or reduced selective attention leads to impaired postural stability, especially under dual-task conditions (30). Situations requiring cognitive load, such as talking while walking, responding to environmental changes, or performing a mental task, make it difficult to maintain balance. Therefore, balance assessments in older individuals should include not only physical parameters but also cognitive functions (31).

3.3. Environmental Factors

Environmental factors also pose a risk for balance loss in elderly individuals. Inappropriate shoe selection, inadequate lighting, and unstable surfaces increase the risk of balance disorders and falls. Factors

such as shoe sole material, heel height, and inappropriate size can affect proprioceptive input and lead to balance loss (32). Inadequate light levels have also been reported to be a cause of falls in the elderly. The reliance on visual information for maintaining postural balance increases with age (33). When lighting is inadequate, individuals attempt to maintain balance by developing various postural adaptations. It has been reported that the adaptive capacity of the vestibulo-ocular reflex decreases in elderly individuals walking in inadequate lighting conditions, particularly during head and eye movements. This reduction in adaptation may increase the risk of falls, especially in environments with poor visual input (34). The level of lighting is an important parameter for maintaining balance and preventing falls. Floor characteristics are also one of the important environmental factors affecting balance. Slippery, sloping, or uneven surfaces can strain postural control mechanisms and reduce the effectiveness of compensatory balance strategies (35, 36).

3.4. Psychological factors

One of the important variables affecting balance and gait performance in older individuals is psychological status. Fear of falling is a significant concept studied in the elderly (37). Balance and gait problems have been shown to be strongly associated with fear of falling in many studies (38). Fear of falling can directly affect motor behavior, leading to balance disorders. Increased anxiety can lead to a state known as “hypervigilance” in the postural control system. In this situation, the individual becomes overly vigilant against the risk of falling, leading to the development of compensatory strategies such as gait stiffness and decreased stride length (39). The concept of fear of falling also negatively impacts the individual’s balance rehabilitation process. Therefore, it is important to evaluate psychological factors in the evaluation of balance disorders in older individuals and during the rehabilitation process.

4. Prevention and Intervention Approaches to Balance Impairment

4.1. Physical Activity and Exercise-Based Approaches

Balance is maintained through information from the vestibular, visual, and proprioceptive systems. Strengthening the proprioceptive system is an important step in managing balance disorders. Postural stability and correct body alignment are essential for performing daily living activities. The neuromuscular system also plays a significant role in the functioning of these systems (40, 41). The body develops strategies while maintaining

balance. The proactive balance strategy is responsible for fine-tuning posture before forces disrupting the balance system arise, while the reactive balance strategy is responsible for postural adjustments after encountering a force that disrupts the balance system (41, 42). With aging, muscle strength decreases, proprioceptive sense weakens, and vestibular function declines, particularly the ability to use the reactive balance strategy (43). Exercise-based approaches are an important approach for targeting these systems, reorganizing both central and peripheral mechanisms, and restoring postural control.

Physical exercise is reported to be highly beneficial for older adults in terms of dynamic and static balance, fear of falling, balance confidence, quality of life, and physical performance (44). Even a simple walking activity appears to be effective in improving overall physical condition and boosting self-confidence in older adults (45). Literature indicates that exercise methods based on aerobic, strength, and resistance exercises can restore or maintain functional independence in older adults, prevent frailty, and improve both static and dynamic balance (46). Aerobic training prevents muscle atrophy and improves health-related quality of life (47). Resistance training has been shown to increase protein synthesis and muscle mass, as well as improve neural engagement and muscle strength (48). The combination of these activities provides beneficial effects on body composition and physical function, as well as cognitive and emotional function. Strength exercises significantly improve postural stability in older adults by increasing strength, particularly in the lower extremity muscle groups (49).

In summary, exercise and physical activity restore neuromuscular coordination, increase proprioceptive feedback, and increase muscle strength. Regular exercise can be used as a preventative approach for age-related balance disorders.

4.2. Vestibular Rehabilitation

A comprehensive evaluation of balance disorders in older adults is essential to determine whether the underlying cause is vestibular and to guide appropriate intervention strategies. A multidisciplinary approach is required for rehabilitation in balance disorders not originating from the vestibular system. Vestibular rehabilitation is a highly effective approach for balance disorders originating from the vestibular system (50).

A vestibular rehabilitation program includes exercises involving a series of head and eye movements. The goal of vestibular rehabilitation is to coordinate eye and head movements, improve balance and gait, and increase

safety and independence in activities of daily living (51). To this end, an approach that supports compensation mechanisms strengthens sensorimotor integration and restores the vestibular system's capacity, which declines with aging. After the mechanism is damaged, the central system tends to reorganize. The vestibular compensation mechanism, in turn, is related to the plasticity of the central vestibular pathways (52). The concept of a "critical period" plays an important role in the vestibular rehabilitation process. The greater flexibility of central compensation mechanisms, particularly in the early stages, significantly supports the plasticity observed in the vestibular nuclei and associated neural networks (53). The decline in the plasticity capacity of the central nervous system with aging can limit the speed and effectiveness of compensation processes (54). Therefore, initiating vestibular rehabilitation early in the elderly ensures the most effective use of existing plasticity and plays a critical role in preserving balance functions. Age is considered a limiting factor in the effectiveness of vestibular rehabilitation. However, the literature indicates that intensive and appropriately designed vestibular exercise programs can produce similar improvements in older individuals to those observed in younger individuals (55). Therefore, vestibular rehabilitation should not be approached with hesitation in the elderly population. A rehabilitation program consisting of appropriate exercises, structured according to the individual's physiological capacity and symptoms, increases the functional independence of older individuals, improves their participation in activities of daily living, and provides significant improvements in their overall quality of life. Balance disorders not only lead to postural instability and the inability to perform daily activities in the elderly. They can also lead to psychological problems such as depression and anxiety, as well as decreased sleep quality (56). Impaired sleep quality can negatively impact quality of life by affecting concentration, attention, and memory capacity (57). The literature also reports that physical activity and vestibular rehabilitation have a significant impact on an individual's psychosocial impact (57, 58). In this context, vestibular rehabilitation is a comprehensive approach in terms of its effects (59).

The content and duration of vestibular rehabilitation exercises vary from person to person, depending on the etiology of the vestibular disorder, symptoms, accompanying comorbidities, and the patient's general health and physical abilities (60). Individualizing vestibular rehabilitation is a key factor that enhances its effectiveness. Vestibular rehabilitation goals are determined based on the patient's general health and residual vestibular function. The goals of the exercises are to train the central nervous system to compensate for abnormal vestibular inputs, improve visual and

proprioceptive inputs, develop new posture and gaze control strategies, and maintain postural stability by improving ankle and hip strategies (55). Therefore, the exercise program should be tailored to the individual's symptoms. Exercises addressing these symptoms should also be ranked from simple to challenging. For example, performing the given head and eye movements sequentially while lying down, sitting, standing on a hard surface, standing on a soft surface, and moving allows the vestibular system to be exposed to increasingly higher levels of stimuli in a controlled manner (61). At the same time, the prescribed exercises should be varied in terms of speed and direction and simulate real-life situations as much as possible (60).

Interim assessments during the vestibular rehabilitation process are important for monitoring an individual's progress. Objective and subjective methods are used in clinics for this assessment (62). Objective methods provide quantitative data, while subjective methods provide a better understanding of an individual's feelings. It is important to use these two methods together during the evaluation phase. Interim assessments throughout the process provide guidance regarding the program's effectiveness (63). Completion of the process depends on the completion of the goals and the improvement in the patient's functional ability. The vestibular rehabilitation program can be concluded once all goals have been completed and the patient is able to independently perform activities of daily living.

4.3. Technology-Assisted Approaches

Vestibular rehabilitation exercises performed in clinics or at home have proven effective in managing balance disorders in elderly individuals. With advancements in technology, these exercises have been integrated into virtual reality. Patients have reported that virtual reality systems and interactive video games can be more enjoyable than traditional vestibular rehabilitation exercise programs (64). Exercises performed under various conditions and in the presence of visual stimuli using the modules provided by virtual reality technologies have positive effects on walking, postural control, and balance (65, 66). Gradual exposure of individuals with balance disorders to real-life environments with intense visual stimuli, such as traffic, markets, shopping malls, and subway stations, contributes to vestibular compensation and adaptation processes (67, 68).

Wearable sensors are another technological approach that increases the effectiveness of vestibular rehabilitation. These sensors can be used to characterize the speed of an individual's head and trunk movements (69).

The application of sensors to characterize cervical and trunk movement during vestibular rehabilitation exercises is beneficial in providing reliable and objective information about exercise performance. The use of these devices may have the potential to increase the effectiveness of rehabilitation in the clinic and at home. In particular, they can help confirm that patients are performing exercise at the correct speed, frequency, and intensity (70).

4.4. Environmental Adjustments

As mentioned in previous sections, balance disorders in older adults are not limited to physiological changes but are also related to environmental factors. Therefore, environmental adjustments are one of the strategies to prevent balance disorders and falls. Using grab bars on stairs and in slippery areas like bathrooms, using appropriate lighting, and making floor arrangements are among the environmental modifications that contribute to the management of balance disorders in older adults (43, 71). Simplifying the home environment of older adults with balance disorders, reducing hazardous objects, and increasing the number of holding surfaces should be recommended. Inadequate lighting can lead to deterioration in gait and postural stability due to reduced visual input. Adequate lighting in the living environment is important for the safety of older adults (72). Environmental adjustments are a feasible and effective approach to managing balance disorders in older adults. Appropriate lighting, safe flooring, and home risk reduction strategies will contribute to improving the independence, safety, and quality of life of older adults.

4.5. Counseling

Counseling is a multidimensional support mechanism that provides information and awareness about a disease or symptom, supports behavioral changes, provides psychological and social support, increases motivation, and encourages family involvement (73). Counseling is one of the most important steps in managing balance disorders in the elderly. A comprehensive counseling process can improve an individual's ability to cope with balance disorders and improve their compliance with the vestibular rehabilitation program implemented as an intervention approach. Therefore, the individual entering the rehabilitation program should be provided with detailed information about their disability. Patient education ensures that the elderly understand the factors that contribute to their risk of falling. The individual should be informed about the cause of their balance disorder and should be made aware of the accompanying symptoms and secondary problems. The individual should then be informed about the rehabilitation process

and each stage explained. They should be informed about the approximate duration of the program and the goals of the process. They should also be given a detailed explanation of what the individual will encounter during the rehabilitation process. Explaining that exercises may trigger symptoms, cause discomfort initially, but will decrease over time will support the patient's awareness and adherence to treatment. In addition to the rehabilitation process, the individual can be informed about safe movement strategies for daily living activities. For example, awareness can be raised about simple yet effective behavioral changes such as choosing appropriate shoes, adjusting home settings, and using assistive devices correctly. Family education is also an important component of the balance disorders and fall prevention process. Family members are important in meeting the elderly's daily needs, maintaining environmental adjustments, and improving compliance with the rehabilitation program. Research shows that family participation plays a significant role in the management of balance disorders and falls in the elderly (74).

Counseling is an important process that requires sufficient time. Awareness of the individual's impairment, a thorough understanding of the process, and an understanding of what to expect support adherence to the rehabilitation process. Because cognitive changes can occur in older individuals, brief, understandable, and visually supported training facilitates learning (75). Counseling that addresses all these components will help the individual better manage the process.

5. Conclusion

This section examines the physiological, environmental, and psychosocial factors underlying balance disorders in older adults, emphasizing the importance of assessment, prevention, and intervention approaches. Balance disorders and the risk of falling, which increase with aging, are not merely a symptom but a significant public health problem requiring holistic management. In this context, the combined use of vestibular rehabilitation, technology-supported practices, environmental adjustments, and counseling plays a critical role in maintaining the functional independence of older adults and improving their quality of life. In conclusion, developing comprehensive and individualized programs for balance disorders in older adults is the most effective way to achieve sustainable improvement in both clinical practice and public health approaches.

References

1. WHO (2025) Ageing and health. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
2. Gianfredi, V., Nucci, D., Pennisi, F., Maggi, S., Veronese, N., Soysal, P. (2025) Aging, longevity, and healthy aging: the public health approach. *Aging Clin Exp Res.* 37(1): 125.
3. Moqri, M., Herzog, C., Poganik, J.R. Justice, J., Belsky, D.W., Higgins-Cohen, A., et al. (2023) Biomarkers of aging for the identification and evaluation of longevity interventions. *Cell.* 186(18): 3758-3775.
4. Grønlund, C., Djurhuus, B. D., Holm, E. A., Homøe, P. (2023) Self-reported dizziness, falls, and self-rated health in a rural population in Denmark. *European archives of oto-rhino-laryngology.* 280(12): 5329-5337.
5. Morowatisharifabad, M.A., Sharifabad, M.H., Aboutorabi-Zarchi, M. (2024) Prevalence and Related Factors of Dizziness Among Older Adults: A Cross-Sectional Study in Ardakan City, Iran. *Curr Aging Sci.* 17(3): 237-246.
6. Wang, J., Li, Y., Yang, G.Y., Jin, K. (2024) Age-Related Dysfunction in Balance: A Comprehensive Review of Causes, Consequences, and Interventions. *Aging Dis.* 16(2): 714-737.
7. WHO (2008) WHO global report on falls prevention in older age. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241563536>
8. Katsarkas, A. (1994) Dizziness in aging: a retrospective study of 1194 cases. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 110(3): 296-301.
9. Barin, K., Dodson, E.E. (2011) Dizziness in the elderly. *Otolaryngol Clin North Am.* 44(2): 437-454.
10. Iwasaki, S., Yamasoba, T. (2014) Dizziness and Imbalance in the Elderly: Age-related Decline in the Vestibular System. *Aging Dis.* 6(1): 38-47.
11. Khan, S., Chang, R. (2013). Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation.* 32(3): 437-443.
12. Walther, L.E., Westhofen, M. (2007) Presbyvertigo-aging of otoconia and vestibular sensory cells. *J. Vestib. Res.* 17: 89-92
13. Park, J.J., Tang, Y., Lopez, I., Ishiyama, A. (2001) Age-related change in the number of neurons in the human vestibular ganglion. *J. Comp. Neurol.* 431: 437-443
14. Igarashi, M., Saito, R., Mizukoshi, K., Alford, B.R. (1993) Otoconia in young and elderly persons: a temporal bone study. *Acta Otolaryngol. Suppl.* 504: 26-29
15. Anson, E., Jeka, J. (2015) Perspectives on Aging Vestibular Function. *Front Neurol.* 6: 269.

16. Tighilet, B., Chabbert, C. (2023) Cellular and Molecular Mechanisms of Vestibular Ageing. *J Clin Med.* 12(17): 5519.
17. Gittings, N.S., Fozard, J.L. (1986) Age related changes in visual acuity. *Exp. Gerontol.* 21: 423–433
18. Wood, J.M., Killingly, C., Elliott, D.B., Anstey, K.J., Black, A.A. (2022) Visual Predictors of Postural Sway in Older Adults. *Transl Vis Sci Technol.* 11(8): 24.
19. Owsley, C. (2011) Aging and vision. *Vision Res.* 51(13): 1610-22.
20. Lord, S.R., Menz, H.B. (2000) Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology.* 46(6): 306-10.
21. Sturnieks, D.L., St George, R., Lord, S.R. (2008). Balance disorders in the elderly. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 38(6): 467-478.
22. Xing, L., Bao, Y., Wang, B., Shi, M., Wei, Y., Huang, X., et al. (2023). Falls caused by balance disorders in the elderly with multiple systems involved: Pathogenic mechanisms and treatment strategies. *Frontiers in neurology*, 14: 1128092.
23. Stel, V.S., Smit, J.H., Pluijm, S.M., Lips, P. (2003) Balance and mobility performance as treatable risk factors for recurrent falling in older persons. *J Clin Epidemiol.* 56: 659–68.
24. Beğer, T., Yavuzer, H. (2012) Yaşlılık ve yaşlılık Epidemiyolojisi. *Klinik Gelişim Dergisi.* 25: 1-3.
25. de Moraes Marchiori, L.L., Melo, J.J., de Figueiredo Possette, E.L., Correa, A. L. (2010). Comparison of frequency of vertigo in elderly with and without arterial hypertension. *Arquivos Internacionais de Otorrinolaringologia*, 14(04): 456-460.
26. İlhan, B., Öztürk, G.B. (2015) Elderly and rational drug use. *Türkiye Klinikleri J Geriatr-Special Topics.* 1-7
27. Hamza, S.A., Adly, N. N., Abdelrahman, E. E., Fouad, I. M. (2019). The relation between falls and medication use among elderly in assisted living facilities. *Pharmacoepidemiology and drug safety*, 28(6): 849-856.
28. McGrath, R., Robinson-Lane, S.G., Clark, B.C., Suhr, J.A., Giordani, B.J., Vincent, B.M. (2021) Self-reported dementia-related diagnosis underestimates the prevalence of older americans living with possible dementia. *J Alzheimers Dis.* 82(1): 373-380
29. Harada, T., Miyai, I., Suzuki, M., Kubota, K. (2009). Gait capacity affects cognitive performance in older adults: dual-task studies using near-infrared spectroscopy. *Brain Research*, 1281: 27–33.
30. Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. (2008) The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord.* 23(3): 329-42.

31. Montero-Odasso, M., Verghese, J., Beauchet, O., Hausdorff, J. M. (2012). Gait and cognition: a complementary approach to understanding brain function and the risk of falling. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(11): 2127–2136.
32. Frey, C., Kubasak, M. (1998) Faulty footwear contributes to why senior citizens fall. *Biomechanics*, 5: 45–48.
33. Figueiro, M. G., Gras, L. Z., Rea, M. S., Plitnick, B., & Rea, M. S. (2012). Lighting for improving balance in older adults with and without risk for falls. *Age and ageing*, 41(3): 392-395.
34. Sjögren, J.A., Fransson, P.-A., Patel, M., Johansson, T., Magnusson, M., Tjernström, F. (2023). Reduced Vestibulo-Ocular Reflex During Fast Head Rotation in Complete Darkness. *Perceptual and Motor Skills*. 130(4): 1400-1414
35. Simeonov, P, Hsiao, H. (2001) Height, surface firmness, and visual reference effects on balance control. *Inj Prev*. 7(1): i50-i53.
36. Hu, B., Ning, X., Dai, F. (2015) Effects of uneven ground surface on human balance. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 59, No. 1, pp. 1243-1247). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
37. Scheffer AC, Schuurmans MJ, van Dijk N, van der Hooft T, de Rooij SE. Fear of falling: measurement strategy, prevalence, risk factors and consequences among older persons. *Age Ageing*. 2008 Jan;37(1):19-24. doi: 10.1093/ageing/afm169. PMID: 18194967.
38. Brouwer, B., Musselman, K., Culham, E. (2004) Physical function and health status among seniors with and without a fear of falling, *Gerontology*, 50: 135-41.
39. Li, F., Fisher, K.J., Harmer, P. et al. (2003). Fear of falling in elderly persons: association with falls, functional ability, and quality of life, *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*, 58: 283-90.
40. Adkin, A. L., Frank, J. S., Carpenter, M. G. (2002). Postural control is scaled to level of postural threat. *Gait & Posture*, 15(3): 264–272.
41. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* 35: ii7–ii11.
42. Hayes, K. C. (1982). Biomechanics of postural control. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 10: 363–391.
43. Wong, A. M., Lin, Y. C., Chou, S. W., Tang, F. T., Wong, P. Y. (2001). Co-ordination exercise and postural stability in elderly people: effect of Tai Chi Chuan. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 82: 608–612.

44. Lord, S. R., Sherrington, C., Menz, H. B., Close, J. C. (2007). Falls in older people: Risk factors and strategies for prevention. Cambridge University Press.
45. Papalia, G. E., Papalia, R., Diaz Balzani, L. A., Torre, G., Zampogna, B., Vasta, S., et al. (2020). The effects of physical exercise on balance and prevention of falls in older people: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical medicine*, 9(8): 2595.
46. Rossi-Izquierdo, M., Gayoso-Diz, P., Santos-Pérez, S., Del-Río-Valeiras, M., Faraldo-García, A., Vaamonde-Sánchez-Andrade, I. et al. (2018) Vestibular rehabilitation in elderly patients with postural instability: reducing the number of falls—a randomized clinical trial. *Aging clinical and experimental research*, 30(11): 1353-1361.
47. de Labra, C., Guimaraes-Pinheiro, C., Maseda, A., Lorenzo, T., and Millán-Calenti, J. C. (2015). Effects of physical exercise interventions in frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Geriatr.* 15:154.
48. Navas-Enamorado, I., Bernier, M., Brea-Calvo, G., and de Cabo, R. (2017). Influence of anaerobic and aerobic exercise on age-related pathways in skeletal muscle. *Ageing Res. Rev.* 37: 39–52.
49. Granacher, U., Gollhofer, A., Hortobágyi, T., Kressig, R.W., Muehlbauer T. (2013) The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Med.* 43(7): 627-41.
50. Teggi, R., Familiari, M., Battista, R.A., Gatti, O., Cangiano, I., Bussi, M., Bubbico L. (2023) The social problem of presbystasis and the role of vestibular rehabilitation in elderly patients: a review. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 43(4): 227-234.
51. Mungan Durankaya, S., Güneri, E. A., Cohen, H. S. (2024). Presbystasis (Presbyvestibulopathy). In *Neurotology Updates* (pp. 313-329). Cham: Springer Nature Switzerland.
52. Cullen, K.E., Minor, L.B., Beraneck, M., Sadeghi, S.G. (2009) Neural substrates underlying vestibular compensation: contribution of peripheral versus central processing. *J Vestib Res.* 19(5-6): 171-82.
53. Lacour, M., Bernard-Demanze, L. (2015) Interaction between Vestibular Compensation Mechanisms and Vestibular Rehabilitation Therapy: 10 Recommendations for Optimal Functional Recovery. *Front Neurol.* 5: 285.
54. Daffner, K.R., Sun, X., Tarbi, E.C., Rentz, D.M., Holcomb, P.J., Riis, J.L. (2011) Does compensatory neural activity survive old-old age? *Neuroimage.* 54(1): 427-38.

55. Whitney, S. L., Wrisley, D. M., Marchetti, G. F., Furman, J. M. (2002). The effect of age on vestibular rehabilitation outcomes. *The Laryngoscope*, 112(10): 1785-1790.
56. Gazzola, J.M., Aratani, M.C., Doná, F., Macedo, C., Fukujima, M.M., Ganança, M.M., et al. (2009) Factors relating to depressive symptoms among elderly people with chronic vestibular dysfunction. *Arq Neuropsiquiatr*. 67: 416–22.
57. Sá, R.M.B., Motta, L.B., Oliveira, F.J. (2007) Insomnia: prevalence and related risk factors in elderly outpatients. *Rev Bras Geriatr Gerontol*. 10: 217–30.
58. Hilber, P., Cendelin, J., Le Gall, A., Machado, M.L., Tuma, J., Besnard, S. (2019) Cooperation of the vestibular and cerebellar networks in anxiety disorders and depression. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 89: 310–21.
59. Soza, A., Certanec, B., Tapia, E. (2018). Abnormal vestibular asymmetries in patients with major depression. *Asia Pac J Clin Trials Nerv Syst Dis*. 3: 36.
60. Whitney, S.L., Sparto, P.J. (2011) Principles of vestibular physical therapy rehabilitation. *NeuroRehabilitation*. 29(2): 157-66.
61. Sulway, S., Whitney, S. L. (2019). Advances in Vestibular Rehabilitation. *Advances in oto-rhino-laryngology*, 82: 164–169.
62. Cohen, H.S. (2011). Assessment of functional outcomes in patients with vestibular disorders after rehabilitation. *NeuroRehabilitation*. 29(2): 173-8.
63. Black, F.O., Angel, C.R., Pesznecker, S.C., Gianna, C. (2000). Outcome analysis of individualized vestibular rehabilitation protocols. *American Journal of Otology*, 21(4): 543–551.
64. Arntz, F., Markov, A., Behm, D. G., Behrens, M., Negra, Y., Nakamura, M., Moran, J., & Chaabene, H. (2023). Chronic Effects of Static Stretching Exercises on Muscle Strength and Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review with Multi-level Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(3): 723–745.
65. Scott, R.A., Callisaya, M.L., Duque, G., Ebeling, P.R., Scott, D. (2018) Assistive technologies to overcome sarcopenia in ageing. *Maturitas* 112: 78–84
66. Duque, G., Boersma, D., Loza-Diaz, G., Hassan, S., Suarez, H., Geisinger, D., et al. (2013) Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *Clin. Interv. Aging* 8: 257–263
67. Laver, K., George, S., Ratcliffe, J., Quinn, S., Whitehead, C., Davies, O., et al. (2012) Use of an interactive video gaming program compared with conventional physiotherapy for hospitalised older adults: a feasibility trial. *Disabil. Rehabil*. 34: 1802–1808

68. Kanyılmaz, T., Topuz, O., Ardiç, F. N., Alkan, H., Öztekin, S. N. S., Topuz, B., Ardiç, F. (2022). Effectiveness of conventional versus virtual reality-based vestibular rehabilitation exercises in elderly patients with dizziness: a randomized controlled study with 6-month follow-up. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 88: S41-S49.
69. Paul, S.S., Walther, R.G., Beseris, E.A. (2017) Feasibility and Validity of Discriminating Yaw Plane Head- on-Trunk Motion Using Inertial Wearable Sensors. *IEEE Trans Neural Syst Rehabilitation Eng* 25: 2347-2354.
70. Martini, D., Pettigrew, N., Wilhelm, J., Parrington, L., & King, L. (2021). Wearable Sensors for Vestibular Rehabilitation: A Pilot Study. *J. Physiother. Res*, 5: 31.
71. Gillespie, L. D., et al. (2012). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9.
72. Beleuchtungskommission, I. (2017). Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings. CIE Central Bureau.
73. Rizk, H.G., Liu, Y.F. (2021). Interviewing and Counseling the Dizzy Patient with Focus on Quality of Life. *Otolaryngol Clin North Am*. 54(5): 853-861.
74. Cameron, I.D., Dyer, S.M., Panagoda, C.E., Murray, G.R., Hill, K.D., Cumming, R.G., Kerse, N. (2018) Interventions for preventing falls in older people in care facilities and hospitals. *Cochrane Database Syst Rev*. 9(9): CD005465.
75. Du Plessis, K., Anstey, K. J., Schlumpp, A. (2011). Older adults' training courses: Considerations for course design and the development of learning materials. *Australian Journal of Adult Learning*, 51(1): 161-174.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Bağlamında Ruh Sağlığı ve Hemşirelik Yaklaşımları

Selen Özdemir¹

Şeyda Yetginler Memiş²

Özet

Ruh sağlığı, bireylerin yaşam kalitesi, üretkenliği ve toplumsal katılımını doğrudan etkileyen temel bir sağlık göstergesi olarak, sürdürülebilir kalkınmanın hem ön koşulu hem de çıktısı konumundadır. Dünya Sağlık Örgütü ruh sağlığını, bireyin potansiyelini gerçekleştirebilmesi, yaşamın stresleriyle başa çıkabilmesi ve topluma katkı sağlayabilmesi olarak tanımlamaktadır. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) bağlamında, ruh sağlığı yalnızca SKH 3'ün (Sağlıklı Bireyler) odak noktası olmayıp, SKH 1 (Yoksulluğa Son), SKH 4 (Nitelikli Eğitim), SKH 5 (Toplumsal Cinsiyet Eşitliği), SKH 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme) ve SKH 10 (Eşitsizliklerin Azaltılması) gibi hedeflerle de doğrudan ilişkilidir. Sosyoekonomik eşitsizlikler, yoksulluk, düşük eğitim ve cinsiyet temelli ayrımcılık, ruhsal bozukluk riskini artırırken; ruhsal iyilik hâlinin güçlendirilmesi, toplumsal kapsayıcılığı ve ekonomik üretkenliği artırarak sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlar.

Toplum ruh sağlığı hemşireleri, bu ilişkide kilit aktörler olarak önleyici, koruyucu, tedavi edici ve rehabilite edici roller üstlenir. Hemşireler, risk belirleme, psiko-eğitim, kriz müdahalesi, psikososyal destek ve toplumsal farkındalık çalışmalarını saha düzeyinde yürütür; bireylerin ruhsal dayanıklılığını güçlendirir, toplumsal damgalamayı azaltır ve eşitsizliklerin giderilmesine katkı sağlar. SKH hedeflerinin gerçekleştirilmesinde toplum ruh sağlığı hemşireliği, yalnızca bireysel sağlık bakımını değil, aynı zamanda toplumsal eşitlik, cinsiyet eşitliği, eğitim fırsatları ve iş yaşamındaki psikososyal desteği güçlendiren stratejik bir disiplin olarak ön plana çıkar. Bu bağlamda,

1 Öğr. Gör. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, selen.ozdemir@erzincan.edu.tr , <https://orcid.org/0000-0002-5354-7590>

2 Öğr. Gör., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, seyda.memis@erzincan.edu.tr , <https://orcid.org/0000-0001-9703-6736>

ruh sağlığının desteklenmesi, sürdürülebilir kalkınmanın sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla doğrudan ilişkilidir. Toplum ruh sağlığı hemşirelerinin çok yönlü rol ve sorumlulukları, hem bireysel psikolojik dayanıklılığı hem de toplumun genel refahını artırarak SKH'lerin etkin ve sürdürülebilir biçimde uygulanmasına katkı sağlamaktadır. Ruh sağlığı ve sürdürülebilir kalkınma, karşılıklı beslenen ve toplumsal refahın devamlılığını güvence altına alan iki temel bileşen olarak değerlendirilmektedir.

1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization [WHO], 2025) ruh sağlığını “sadece hastalık veya rahatsızlık olmaması değil, bireyin kendi potansiyelini gerçekleştirebilmesi, yaşamın olağan stresleriyle başa çıkabilmesi, üretken biçimde çalışabilmesi ve topluma katkıda bulunabilmesi durumu” olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, ruh sağlığını bireysel bir durumdan öte, toplumların refah düzeyini ve kalkınma kapasitesini belirleyen bir unsur hâline getirmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma, yalnızca çevresel koruma ya da ekonomik büyüme değil; toplumsal eşitlik, ruhsal iyi oluş ve sosyal kapsayıcılık gibi boyutları da içeren bütüncül bir süreçtir. Birleşmiş Milletler'in Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987) Brundtland Raporu'nda sürdürülebilir kalkınma, bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayabilme olarak tanımlamıştır. Bu tanım, kalkınmanın özünde insan refahının ve toplumsal dayanıklılığın yer aldığını göstermektedir.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH), 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilmiş olup, 17 temel hedef ve 169 alt hedef aracılığıyla sosyal, ekonomik ve çevresel kalkınmayı bütüncül bir yaklaşımla ele almaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2022a) bu hedefleri, herkes için sağlık, eşitlik ve refahı güvence altına almayı amaçlayan küresel bir yol haritası olarak tanımlamaktadır. SKH'lerin başarısı, yalnızca fiziksel sağlık göstergeleriyle değil, aynı zamanda ruh sağlığının korunması ve geliştirilmesiyle de yakından ilişkilidir. Ruh sağlığı, bireylerin üretken bir şekilde çalışabilmesi, toplumsal ilişkilerini sürdürebilmesi ve yaşam kalitesini artırabilmesi açısından sürdürülebilir kalkınmanın temel bileşenlerinden biridir (Patel et al., 2018). Ruhsal iyilik hâli, eğitim, istihdam, toplumsal cinsiyet eşitliği ve yoksulluğun azaltılması gibi birçok kalkınma hedefinin hem belirleyicisi hem de sonucu konumundadır. Dolayısıyla, ruh sağlığının ihmal edilmesi yalnızca bireysel düzeyde değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik kalkınma açısından da ciddi bir engel oluşturmaktadır (Lund

et al., 2018). Bu bağlamda, SKH 3 (Sağlıklı Bireyler) doğrudan sağlıklı ilişkilendirilmekle birlikte, ruh sağlığı tüm diğer hedeflerle de güçlü bir biçimde bağlantılıdır. Örneğin SKH 1 (Yoksulluğa Son) kapsamında yoksulluk ve ruhsal bozukluklar arasında çift yönlü bir ilişki bulunmakta; yoksulluk, stres ve umutsuzluk gibi psikososyal risk faktörlerini artırarak ruhsal bozukluklara zemin hazırlarken, ruhsal bozukluklar da bireyin ekonomik üretkenliğini düşürerek yoksulluğun sürmesine neden olmaktadır (Lund et al., 2018). SKH 4 (Nitelikli Eğitim) hedefi doğrultusunda, ruh sağlığı sorunları öğrenme kapasitesini, bilişsel işlevselliği ve akademik motivasyonu olumsuz etkileyebilmekte; erken dönemlerde verilen psikososyal destek, eğitimde sürdürülebilir başarıyı desteklemektedir (Patel et al., 2018). SKH 5 (Toplumsal Cinsiyet Eşitliği) açısından kadınların toplumsal cinsiyet temelli ayrımcılığa, aile içi şiddete ve ekonomik bağımlılığa maruz kalmaları, ruhsal stres, depresyon ve travma sonrası stres bozukluğu riskini artırmaktadır (WHO, 2023). Ayrıca SKH 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme) kapsamında, sağlıklı iş ortamlarının oluşturulması çalışanların psikososyal iyilik hâlini güçlendirirken, SKH 10 (Eşitsizliklerin Azaltılması) hedefi ruh sağlığı hizmetlerine erişimdeki adaletsizliklerin azaltılmasını amaçlayarak toplumsal dışlanmanın önlenmesine katkıda bulunmaktadır (International Labour Organization [ILO], 2022; Votruba & Thornicroft, 2016). Bu çok boyutlu ilişkiler, ruh sağlığının sürdürülebilir kalkınmanın hem bir ön koşulu hem de bir sonucu olduğunu göstermektedir. Patel ve ark. (2018), “sürdürülebilir kalkınmanın yalnızca ekonomik büyümeyle değil, toplumların psikososyal dayanıklılığıyla mümkün olabileceğini” belirtmektedir.

Bu noktada toplum ruh sağlığı hemşireliği, sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutunda kilit bir role sahiptir. Bu alan, bireylerin, ailelerin ve toplumların ruhsal iyilik hâlini destekleyerek toplumsal dayanıklılığı artırır; böylece SKH’lerin gerçekleştirilmesine doğrudan katkı sunar (Bui, 2023; Lund, et al., 2018). Toplum ruh sağlığı hemşireliği uygulamaları, ruh sağlığını sosyal politika gündemine taşıyarak “herkes için sağlık” ilkesini sahada somutlaştıran en etkili profesyonel alanlardan biridir.

2. Toplum Ruh Sağlığı ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi

Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik kalkınma ile birlikte çevresel kaygıları da dikkate alan entegre bir yaklaşımdır. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, dünya çapında insanların yaşamlarını iyileştirmek ve iklim üzerinde insan faaliyetlerinden kaynaklanan olumsuz etkileri azaltmak için bir çerçeve oluşturmaktadır (Türkiye İş Kurumu, 2023). Birleşmiş Milletler (2015) bu hedefleri, herkes için daha adil, kapsayıcı ve sürdürülebilir bir dünya inşa etmek amacıyla küresel ölçekte bir eylem planı olarak tanımlamaktadır.

WHO (2022) raporuna göre ruhsal iyi oluş, sürdürülebilir kalkınmanın sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla doğrudan etkileşim içindedir. Bu nedenle ruh sağlığı, yalnızca SKH 3 (Sağlıklı Bireyler) kapsamında değil, aynı zamanda SKH 1 (Yoksulluğa Son), SKH 4 (Nitelikli Eğitim), SKH 5 (Toplumsal Cinsiyet Eşitliği), SKH 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme) ve SKH 10 (Eşitsizliklerin Azaltılması) hedefleriyle de yakından ilişkilidir (Votruba & Thornicroft, 2016; Patel et al., 2018).

Lund ve ark. (2018), düşük gelir düzeyi, işsizlik, eğitim yetersizliği ve toplumsal dışlanmanın ruhsal bozukluk riskini anlamlı biçimde artırdığını saptamışlardır. Bu faktörler sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutlarını zayıflatmakta, toplumlarda psikolojik kırılganlık yaratmaktadır. Aynı şekilde Patel ve ark (2018), ruhsal bozuklukların ekonomik kalkınma üzerinde doğrudan belirleyici bir etkiye sahip olduğunu vurgulayarak ruh sağlığı politikalarının kalkınma gündemlerine entegre edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Global Burden of Disease Study (GBD) 2013 yılı verilerine göre ruh sağlığı ve madde kullanımına bağlı bozukluklar, küresel hastalık yükünün yaklaşık %11'ini ve engelliliğe göre düzeltilmiş yaşam yıllarının (DALY) %21,2'sini oluşturmaktadır (Whiteford, et al, 2015). Bu bulgu, ruh sağlığının yalnızca bireysel bir sağlık sorunu olmayıp aynı zamanda ekonomik büyüme ve toplumsal istikrarın belirleyicisi olduğunu göstermektedir.

Toplum ruh sağlığı hemşireliği bu noktada önemli bir rol üstlenmektedir. Toplum ruh sağlığı hemşireliği, bireylerin yalnızca fiziksel değil, psikososyal ve ruhsal bütünlüğünü korumaya yönelik bir disiplin olarak değerlendirilmekte; aynı zamanda bu disiplin, DSÖ tarafından “herkes için sağlık” ilkesinin saha uygulayıcısı olarak tanımlanan, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin sosyal boyutunda kritik bir yere sahiptir (Karatana, 2024; Deepa, 2025). Hemşirelik mesleği, bu bağlamda yalnızca bakım hizmeti değil, aynı zamanda politika, savunuculuk ve toplumsal etki düzeyinde de önemli bir aktör olarak görülmektedir (Abi Hana, 2025). Votruba ve Thornicroft (2016), sürdürülebilir kalkınma bağlamında ruh sağlığının üç düzeyde ele alınması gerektiğini belirtmiştir:

- Ruhsal bozuklukların küresel yükünün azaltılması,
- Ruh sağlığının sosyal, ekonomik ve çevresel hedeflerle bütünleştirilmesi,
- Toplum temelli ruh sağlığı hizmetlerinin güçlendirilmesi.

Bu çerçeve, toplum ruh sağlığı hemşireliğinin yalnızca bireysel bakım hizmeti değil, aynı zamanda sosyal dönüşümün ve toplumsal refahın güçlendirilmesinin bir aracı olduğunu göstermektedir. Votruba ve Thornicroft

(2016) çalışmasında, ruhsal bozuklukların küresel sağlık alanında en yaygın sorunlardan biri olmasına rağmen kalkınma politikalarında sıklıkla ihmal edildiğini vurgulanmıştır. Bu durum, toplum ruh sağlığı hemşireliğinin savunuculuk ve politika geliştirme rollerini daha da önemli hâle getirmektedir.

2.1. SHK-1: Yoksulluğa Son

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında, SKH 1 (Yoksulluğa Son) özellikle yoksulluğun birey ve toplum üzerindeki çok boyutlu etkilerini hedeflemektedir. DSÖ'ye (WHO, 2022b) göre, yoksulluk, şiddet, eşitsizlik gibi olumsuz sosyal ve ekonomik koşullara maruz kalan bireyler depresyon, intiharlara bağlı ölüm, alkol ve madde kullanım bozuklukları, anksiyete bozuklukları gibi ruhsal bozukluklar geliştirme riski altındadır (Lund et al., 2022; Patel et al., 2018). Bu durum, yoksulluk ile ruhsal bozukluklar arasında karşılıklı etkileşim olduğunu göstermektedir. Yoksulluk ruhsal bozukluk riskini artırırken, ruhsal bozukluklar bireylerin eğitim, istihdam ve ekonomik üretkenliğini azaltarak yoksulluk döngüsünü sürdürmektedir (WHO, 2022b). Toplum ruh sağlığı hemşireliği, bu döngünün kırılmasında kritik bir role sahiptir. Hemşireler, özellikle düşük gelirli bireylerin sağlık hizmetlerine erişimini kolaylaştırarak toplumsal eşitsizlikleri azaltmada aktif bir rol üstlenirler (Karakaya Ergün, 2024). Ayrıca ruh sağlığı farkındalığını artırarak, toplumsal damgalamayı ve ayrımcılığı azaltmak için hem bireysel hem de toplumsal düzeyde müdahalelerde bulunurlar. WHO (2023) toplum temelli ruh sağlığı programlarının, ekonomik yoksunluk döngüsünü kırmada ve bireylerin üretkenliğini artırmada etkili olduğunu vurgulamaktadır. Bu çerçevede toplum ruh sağlığı hemşireliği, yalnızca tedaviye erişimi kolaylaştıran bir meslek dalı değil, aynı zamanda bireylerin psikososyal güçlenmesini ve toplumsal dayanıklılığı destekleyen stratejik bir disiplindir.

Ekonomik ve sosyal boyutlar göz önüne alındığında, ruhsal iyi oluşun desteklenmesi, bireylerin yaşam kalitesini artırmanın ötesinde, toplumların sürdürülebilir kalkınma kapasitesine doğrudan katkı sağlamaktadır. Razzouk (2017), yoksulluğun azaltılmasıyla birlikte ruh sağlığı hizmetlerine yapılacak yatırımların, ekonomik üretkenliği ve toplumsal kapsayıcılığı artırarak sürdürülebilir kalkınmaya hizmet ettiğini belirtmektedir. Bu bağlamda, SKH 1 hedefi ile ruh sağlığı politikaları arasındaki ilişki, yalnızca sağlık göstergeleriyle değil, sosyal ve ekonomik göstergelerle de ölçülebilecek bütüncül bir perspektife dayanmaktadır.

2.2. SHK-3: Sağlıklı Bireyler

Sağlıklı bireyler hedefi, yalnızca fiziksel sağlıkla sınırlı olmayıp, ruhsal iyi oluşu da kapsamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2009), ruhsal

iyi oluşu bireylerin yaşamın zorluklarıyla başa çıkabilme kapasitesi, üretken olabilme yetisi ve toplumsal katılım düzeyi ile doğrudan ilişkili bir durum olarak tanımlanmaktadır. Ruhsal iyi oluş, bireyin hem kişisel yaşam kalitesini hem de toplumsal işlevselliğini belirleyen temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Ruhsal bozuklukların önlenmesi ve yönetimi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynar (Patel et al., 2018). Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde, hastane merkezli biyomedikal modeller tedaviye erişimi sınırlamakta, bu da ruh sağlığı sorunlarının toplum düzeyinde artmasına yol açmaktadır. WHO (2022a) ise toplum temelli ve çok sektörlü yaklaşımların ruh sağlığının korunmasında ve SKH 3'e ulaşmada etkili olduğunu vurgulamaktadır. Bu durum, ruhsal iyi oluşun yalnızca bireysel sağlık göstergesi değil, aynı zamanda toplumsal kapsayıcılık ve üretkenliğin artırılmasında temel bir belirleyici olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, toplum ruh sağlığı hemşireliği, bireylerin ruhsal iyilik hâlinin korunmasında ve SKH 3 hedeflerine ulaşılmasında kritik bir rol üstlenir. Hemşireler, birinci basamak sağlık kuruluşları, toplum ruh sağlığı merkezleri, okullar ve iş yerlerinde psiko-eğitim, kriz müdahalesi ve danışmanlık uygulamalarıyla bireylerin psikososyal dayanıklılığını güçlendirmektedir (Karakaya Ergün, 2024). Bu müdahaleler, hem hastalıkların önlenmesini hem de bireylerin toplumsal katılım ve üretkenlik kapasitesinin artırılmasını hedeflemektedir. Votruba ve Thornicroft (2016) da toplum ruh sağlığı hemşireliğinin yalnızca klinik bakım sağlamakla kalmayıp, bireylerin psikososyal güçlenmesini ve toplumsal kapsayıcılığı destekleyen stratejik bir alan olduğunu vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, SKH 3'ün ruhsal sağlık boyutunu güçlendirerek, toplumların genel refahı ve sürdürülebilir kalkınma kapasitesine doğrudan katkı sağlamaktadır.

2.3. SHK-4: Nitelikli Eğitim

Nitelikli eğitim, yalnızca akademik bilgi kazanımını değil, bireylerin ruhsal, sosyal ve ekonomik gelişimini de doğrudan etkileyen temel bir sosyal belirleyicidir. Eğitim düzeyi düşük olan bireylerde ruhsal bozukluk riski daha yüksektir; düşük eğitim düzeyi, hem yaşam koşullarını hem de iş ve sosyal rollerin sürdürülebilirliğini olumsuz etkileyerek stres, kaygı ve madde kullanımına yol açabilir (Berg et al., 2023). Ayrıca eğitim, bireylere problem çözme, eleştirel düşünme, iletişim ve dayanıklılık becerileri kazandırır; bu beceriler, bireylerin ruhsal olarak daha iyi işlev görmesini, toplumsal katılımını artırmasını ve üretken olmasını sağlar. Dolayısıyla eğitim ile ruh sağlığı birbirini tamamlayan iki kritik alan olarak, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin merkezinde yer almaktadır (Nguyen et al., 2015).

Eğitim ve ruh sağlığı arasındaki bu yakın ilişki, hem bireysel hem de toplumsal düzeyde uzun vadeli etkiler yaratmaktadır. Eğitim yoluyla kazandırılan beceriler, bireylerin yaşam boyu karşılaşacakları stresli durumlarla başa çıkmasını kolaylaştırırken; aynı zamanda toplumsal kapsayıcılığı ve eşitliği artırır. Düşük eğitim seviyesine sahip bireylerde ise ruhsal bozukluklar, işsizlik ve sosyal dışlanma riskini yükselterek ekonomik yoksunluk ve toplumsal kırılganlık döngüsünü güçlendirmektedir (Cai et al., 2025). Bu nedenle SKH 4, yalnızca bireysel öğrenim hedefleri değil, aynı zamanda ruh sağlığı ve toplumsal dayanıklılığı güçlendiren bir stratejik hedeftir.

Toplum ruh sağlığı hemşireliği, SKH 4 hedeflerine ulaşmada kritik bir rol üstlenmektedir (Nguyen et al., 2015; Karakaya Ergün, 2024). Hemşireler, eğitim ortamlarında psiko-sosyal destek mekanizmaları kurar, öğrenci ve aileleri sürece dahil ederek ruhsal dayanıklılığı artırır ve akademik başarıyı destekler (Cai et al., 2025). Ayrıca hemşireler, kriz müdahalesi ve danışmanlık uygulamalarıyla eğitim ortamında ortaya çıkabilecek ruhsal sorunların erken tespitini sağlar, böylece hem bireysel hem toplumsal düzeyde olumsuz etkilerin önüne geçer.

2.4. SHK-5: Toplumsal Cinsiyet Eşitliği

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) içinde yer alan beşinci hedef, yani toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması, yalnızca kadınların insan haklarına erişimini güvence altına almakla kalmayıp, aynı zamanda toplumların genel sağlık ve refah düzeyini etkileyen temel bir kalkınma unsurudur (UNDP, 2020). Toplumsal cinsiyet eşitliği, kadınların yaşamın tüm alanlarında erkeklerle eşit fırsatlara sahip olmasını, ekonomik, sosyal, politik ve kültürel süreçlere eşit biçimde katılabilmesini ifade eder. Bu eşitliğin sağlanması, kadınların ruh sağlığı üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak koruyucu bir etki yaratmaktadır (WHO, 2013; Patel et al., 2018). Kadınların toplumsal yaşamda karşılaştıkları ayrımcılık, ekonomik bağımlılık, toplumsal baskılar ve cinsiyet temelli şiddet gibi yapısal eşitsizlikler, ruhsal iyilik halini zedeleyen başlıca faktörlerdir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2013), kadınların bu tür eşitsizliklerden kaynaklı olarak erkeklere oranla depresyon, anksiyete, travma sonrası stres bozukluğu ve psikosomatik rahatsızlıklara daha yatkın olduklarını vurgulamaktadır. Bu bağlamda, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 5'in gerçekleştirilmesi yalnızca toplumsal bir eşitlik göstergesi değil, aynı zamanda ruh sağlığı için bir koruyucu faktör olarak değerlendirilmelidir (Votruba & Thornicroft, 2016). Toplumsal cinsiyet eşitliğinin güçlendirilmesi, kadınların özgüvenini, öz yeterlilik algısını ve yaşam doyumunu artırarak psikososyal dayanıklılığı geliştirir

(Sweetland, Belkin, & Verdell, 2014). Kadınların eğitim olanaklarına erişimi, ekonomik bağımsızlık kazanmaları ve karar alma mekanizmalarında etkin rol üstlenmeleri, ruh sağlığını destekleyen güçlü sosyal belirleyiciler olarak karşımıza çıkmaktadır (Corrigan, Druss, & Perlick, 2014; Razzouk, 2017). Dolayısıyla SKH 5'e yönelik ilerleme, yalnızca kadınların bireysel yaşam kalitesini değil, aynı zamanda toplumun genel ruh sağlığı kapasitesini ve refah düzeyini de güçlendirmektedir (Patel et al., 2018; UN Women, 2021).

Toplumsal cinsiyet eşitliği ve ruh sağlığı arasındaki bu ilişki çerçevesinde, toplum ruh sağlığı hemşireliği önemli bir saha uygulama alanı olarak öne çıkmaktadır. Toplum ruh sağlığı hemşireleri, kadınların karşı karşıya kaldığı cinsiyet temelli eşitsizliklerin ruhsal etkilerini azaltmak ve psikososyal iyilik halini güçlendirmek amacıyla sahada çok boyutlu görevler üstlenir (Happell & Gaskin, 2013). Kadınların yaşadığı travmatik deneyimler, aile içi şiddet, toplumsal dışlanma veya ekonomik bağımlılık gibi durumlar, onların ruhsal dayanıklılığını zedeleyebilir (WHO, 2021). Toplum ruh sağlığı hemşireleri bu süreçte, bireysel danışmanlık ve grup terapileri gibi psikososyal destek yaklaşımlarıyla kadınların travma sonrası iyileşme süreçlerine rehberlik eder. Böylece kadınların özsaygı, öz yeterlik ve baş etme becerileri güçlenir, yaşam doyumları artar (Sweetland et al., 2014; Corrigan et al., 2014). Bunun yanı sıra, toplum ruh sağlığı hemşireleri toplumsal düzeyde farkındalık yaratma misyonu da taşır. Kadınlara yönelik ayrımcılık, şiddet veya ruhsal hastalıklarla ilişkili damgalama konularında toplum eğitimleri düzenleyerek hem bireylerin hem de toplulukların bilinç düzeyini artırır (Corrigan et al., 2014; Razzouk, 2017). Bu eğitimler, cinsiyet eşitliği temelli bir anlayışın yerleşmesine katkı sağlar ve kadınların sağlık hizmetlerine erişimini kolaylaştırır (UN Women, 2021). Ayrıca, hemşireler kadınların ekonomik ve sosyal yönden güçlenmesini destekleyen projelere katılarak, onların toplumsal yaşama aktif katılımını teşvik eder (Happell & Gaskin, 2013). Bu faaliyetler, kadınların yalnızca bireysel düzeyde değil, yapısal anlamda da güçlenmelerine olanak tanır ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle doğrudan uyum gösterir (Votruba & Thornicroft, 2016; Patel et al., 2018).

2.5. SHK-8: İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme

İstihdam, bireylerin sosyal kimliği, özgüveni ve yaşam doyumu açısından temel bir faktördür. Layard (2016), düzenli ve güvenli bir işin bireylerin psikolojik dayanıklılığını artırdığını, buna karşın işsizlik, güvencesiz çalışma koşulları ve iş yerinde ayrımcılığın depresyon, kaygı ve madde kullanım bozukluğu riskini yükselttiğini belirtmektedir. Benzer biçimde, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2015) işsizlik ve olumsuz çalışma koşullarının

bireylerin ruhsal sağlık durumunu doğrudan etkileyen belirleyici faktörler arasında yer aldığını vurgulamaktadır. Bu nedenle, SKH 8 (İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme), yalnızca ekonomik kalkınma açısından değil, aynı zamanda bireylerin ruhsal iyilik hâlinin güçlendirilmesi açısından da kritik bir öneme sahiptir (Patel et al., 2018; Razzouk, 2017).

Çalışma yaşamı, bireylerin yalnızca maddi güvenliğini değil, aynı zamanda aidiyet duygusu, özsaygı ve yaşam anlamı gibi psikososyal ihtiyaçlarını da karşılar. Ancak işsizlik, düşük ücret, mobbing veya iş güvencesizliği gibi olumsuz faktörler, stres düzeyini artırarak ruh sağlığı üzerinde yıkıcı etkiler oluşturabilir (WHO, 2022). Özellikle düşük gelirli ülkelerde işsizlik oranlarının yüksek olması, depresyon ve intihar oranlarında artışla ilişkilendirilmiştir (Lund et al., 2018). Bu nedenle, istihdam politikaları yalnızca ekonomik göstergeler üzerinden değil, aynı zamanda ruh sağlığı üzerindeki etkileri bakımından da değerlendirilmelidir. Bu çerçevede toplum ruh sağlığı hemşireliği, iş gücü içinde bireylerin ruhsal sağlığını korumak ve desteklemek için stratejik bir role sahiptir. Toplum ruh sağlığı hemşireleri, çalışanların stres yönetimi, iş kazaları sonrası psikososyal destek, tükenmişlik sendromunun önlenmesi ve travma sonrası iyileşme süreçlerinin desteklenmesi gibi uygulamalarla bireylerin iş yaşamındaki psikolojik dayanıklılığını güçlendirir (Sweetland, Belkin, & Verdeli, 2014). Ayrıca, hemşireler iş yerlerinde ruh sağlığı farkındalığını artırmak, çalışanlar arasında iletişimi güçlendirmek ve yöneticilere ruhsal iyilik temelli liderlik becerileri kazandırmak amacıyla eğitim programları yürütür (WHO, 2022c; Corrigan, Druss, & Perlick, 2014). Bu tür girişimler yalnızca çalışanların üretkenliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda kurumsal sürdürülebilirliği ve ekonomik verimliliği de destekler (Razzouk, 2017; Patel et al., 2018).

2.6. SHK-10: Eşitsizliklerin Azaltılması

Gelir, eğitim, sağlık ve toplumsal statüdeki eşitsizlikler, ruhsal bozuklukların ortaya çıkışında önemli sosyal belirleyiciler arasında yer almaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2013) ile Layard (2016), sosyal eşitsizliğin bireylerde adaletsizlik ve değersizlik duygusunu pekiştirerek umutsuzluk, öfke ve yabancılaşma hislerini artırdığını, bunun da özellikle dezavantajlı gruplarda depresyon, anksiyete ve stres temelli bozuklukların görülme riskini yükselttiğini vurgulamaktadır. Sosyoekonomik eşitsizlikler yalnızca bireylerin yaşam kalitesini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda ruh sağlığı hizmetlerine erişimde yapısal engeller yaratarak toplumsal dışlanmayı derinleştirir (Lund et al., 2018). Göçmenler, mülteciler, engelliler ve düşük gelirli bireyler gibi sosyal olarak dezavantajlı gruplar, hem sağlık hizmetlerinden yararlanma hem de sosyal destek ağlarına erişim açısından en

kırılgan toplulukları oluşturmaktadır (Votruba & Thornicroft, 2016; Patel et al., 2018).

Toplumsal dışlanma ve eşitsizlik, ruh sağlığında süregelen bir risk faktörü olarak değerlendirilmekte; bu durum sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutunu doğrudan etkilemektedir (Razzouk, 2017). Bu bağlamda toplum ruh sağlığı hemşireliği, sosyal eşitsizliklerin azaltılmasında ve kapsayıcı ruh sağlığı hizmetlerinin yaygınlaştırılmasında stratejik bir rol üstlenmektedir. Toplum ruh sağlığı hemşireleri, sosyal olarak dezavantajlı bireylerin sağlık sistemine entegrasyonunu sağlayarak damgalanmayı azaltır, erişilebilir ve kültürel olarak duyarlı psikososyal destek hizmetleri sunar (Sweetland, Belkin, & Verdeli, 2014; WHO, 2021). Bu yaklaşım, bireylerin psikolojik dayanıklılığını artırırken, toplumun sosyal bütünlüğünü ve adalet duygusunu da güçlendirir (Corrigan, Druss, & Perlick, 2014).

Toplum ruh sağlığı hemşireleri aynı zamanda toplumsal adalet ve eşitlik temelli politikaların savunucusu olarak görev yapar. Yerel düzeyde yürüttükleri bilinçlendirme, eğitim ve destek programları aracılığıyla ruhsal sağlıkta fırsat eşitliğini geliştirir ve hizmetlerin kapsayıcılığını artırır (Happell & Gaskin, 2013). Böylece, toplum ruh sağlığı hemşireliği yalnızca bireysel düzeyde ruhsal iyiliği destekleyen bir uygulama alanı olmaktan çıkıp, sosyal eşitsizlikleri azaltarak toplumun sürdürülebilir kalkınma kapasitesini güçlendiren bütüncül bir halk sağlığı disiplini olarak öne çıkmaktadır (Patel et al., 2018; Lund et al., 2018; WHO, 2021).

3. Ruh Sağlığı ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi Kapsamında Toplum Ruh Sağlığı Hemşirelerinin Rol ve Sorumlulukları

Toplum ruh sağlığı hemşireleri, ruh sağlığı ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin kesişiminde yer alan önemli sağlık profesyonelleridir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2013), toplum ruh sağlığı hemşirelerinin “sağlık sisteminin sürdürülebilirliğini sağlayan ve toplumsal refahın korunmasında öncü rol oynayan” profesyoneller olduğunu belirtmektedir.

Toplum ruh sağlığı hemşireleri, bireylerin psikososyal gereksinimlerini değerlendirir, erken tanı ve yönlendirme süreçlerinde aktif görev alır ve ruhsal iyilik hâlini güçlendirmeye yönelik bütüncül bakım planları oluşturur. Bu kapsamda birinci basamak sağlık kuruluşları, toplum ruh sağlığı merkezleri, okullar, iş yerleri ve evde bakım programları gibi alanlarda hizmet verirler (Corrigan et al., 2014). Ayrıca afet, göç, toplumsal şiddet veya ekonomik kriz gibi durumlarda psikolojik ilk yardım uygulayarak toplulukların psikososyal dayanıklılığını desteklerler (Patel, et al., 2018). Bu yönüyle toplum ruh sağlığı hemşireliği, yalnızca klinik bakım değil, aynı zamanda sürdürülebilir

sosyal istikrarın güçlendirilmesi açısından da stratejik bir öneme sahiptir (United Nations, 2015; Votruba & Thornicroft, 2016).

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) bağlamında toplum ruh sağlığı hemşirelerinin rolleri önleyici, koruyucu, tedavi edici ve rehabilite edici olmak üzere dört boyutta incelenebilir.

- **Önleyici rol kapsamında hemşire**, toplumda ruhsal bozukluklara yol açabilecek risk faktörlerini belirleyerek farkındalık çalışmaları ve eğitim programları yürütür (Patel, et al., 2018).
- **Koruyucu hizmetlerde**, stresle baş etme, aile içi iletişim, toplumsal destek ve ruhsal dayanıklılığın artırılmasına yönelik eğitimler sağlar (Razzouk, 2017).
- **Tedavi edici rolde**, multidisipliner ekiplerle iş birliği içinde bireylerin ruhsal iyileşme sürecini koordine eder ve bakım sürekliliğini sağlar (Whiteford et al., 2015).
- **Rehabilite edici boyutta ise**, bireyin toplumsal işlevselliğini artırmak, sosyal entegrasyonu desteklemek ve damgalanmayı azaltmak amacıyla çeşitli grup çalışmaları, mesleki rehabilitasyon ve psiko-eğitim programları yürütür (Sweetland et al., 2014).

Votruba ve Thornicroft (2016), sürdürülebilir kalkınmanın ruh sağlığına yönelik hedeflerine ulaşabilmek için toplum ruh sağlığı hemşirelerinin güçlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu doğrultuda, hemşirelik eğitiminde ruh sağlığı modüllerinin genişletilmesi, psikososyal ilk yardım, intihar riski değerlendirmesi, kriz yönetimi ve toplum temelli müdahale becerileri gibi alanlarda yetkinlik kazandırılması önerilmektedir (Thornicroft, 2017; Patel et al., 2018).

4. Sonuç

Ruh sağlığı, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde hem bir ön koşul hem de bir çıktı olarak merkezi bir öneme sahiptir. Gelir eşitsizliği, eğitim fırsatları, toplumsal cinsiyet eşitliği, çalışma koşulları ve sağlık hizmetlerine erişim gibi sosyal belirleyiciler, bireylerin ruhsal iyilik hâlini doğrudan etkileyerek SKH'lerin başarısını şekillendirmektedir. Örneğin, yoksulluk ve eşitsizlikler ruhsal bozukluk riskini artırırken, ruhsal iyi oluşun güçlendirilmesi ekonomik üretkenliği, toplumsal kapsayıcılığı ve eğitim başarılarını destekleyerek SKH 1, 4, 5, 8 ve 10 gibi hedeflerin gerçekleşmesini kolaylaştırmaktadır.

Toplum ruh sağlığı hemşireleri, bu ilişkiyi sahada somutlaştıran kilit aktörlerdir. Bireylerin ruhsal iyilik hâlini koruma ve geliştirme süreçlerinde yalnızca klinik bakım sunmakla kalmayıp, toplumsal eşitsizliklerin azaltılması, cinsiyet eşitliğinin sağlanması, eğitim fırsatlarının güçlendirilmesi ve iş yaşamındaki psikososyal destek gibi alanlarda önleyici ve koruyucu uygulamalar yürütürler. Bu kapsamda toplum ruh sağlığı hemşireliği, SKH'lerin sosyal boyutunu güçlendiren ve sürdürülebilir kalkınmanın toplumsal temellerini güvence altına alan stratejik bir disiplin olarak ön plana çıkmaktadır.

Sonuç olarak, ruh sağlığının desteklenmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleşmesi için hem bireysel hem de toplumsal düzeyde temel bir belirleyici olarak işlev görmektedir. Toplum ruh sağlığı hemşirelerinin çok yönlü rol ve sorumlulukları, yalnızca psikolojik dayanıklılığı artırmakla kalmayıp, eğitim, istihdam, toplumsal eşitlik ve sosyal kapsayıcılığı güçlendirerek SKH'lerin etkin ve sürdürülebilir biçimde uygulanmasına doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu perspektiften bakıldığında, ruh sağlığı ve sürdürülebilir kalkınma birbirini tamamlayan, karşılıklı besleyen ve toplumsal refahın devamlılığını güvence altına alan iki temel bileşen olarak değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Abi Hana, R. (2025, May 8). *Nursing and the Sustainable Development Goals: A scoping review*. ISSUP. <https://www.issup.net/knowledge-share/resources/2025-05/nursing-and-sustainable-development-goals-scoping-review>
- Bui, H. T. (2023). Resilience and mental health nursing: An integrative review. *International Journal of Mental Health Nursing*, 32(2), 345–360. <https://doi.org/10.1111/inm.13132>
- Cai, C., Mei, Z., Wang, Z., & Luo, S. (2025). School-based interventions for resilience in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Psychiatry*, 16, 1594658. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2025.1594658>
- Corrigan, P., Druss, B., & Perlick, D. (2014). The impact of mental illness stigma on seeking and participating in mental health care. *Psychological Science in the Public Interest*, 15(2), 37–70. <https://doi.org/10.1177/1529100614531398>
- Deepa, N. R., Naikodi, T. A., Bhagyashree, Regina, P. F., Baby, D., Neeraj, S. C. V., & Umar, M. (2025). The impact of sustainable development goals on healthcare and nursing care delivery: A comprehensive review article. *International Journal of Nursing and Health Sciences*, 7(1), 11–17. <https://doi.org/10.33545/26649187.2025.v7.i1a.80>
- Happell, B., & Gaskin, C. J. (2013). The attitudes of undergraduate nursing students towards mental health nursing: A systematic review. *Journal of Clinical Nursing*, 22(1-2), 148–158. <https://doi.org/10.1111/jocn.12022>
- International Labour Organization. (2022). *Mental health at work: Policy brief*. <https://www.ilo.org/publications/mental-health-work>
- Karakaya Ergün, S. (2024). *Toplum ruh sağlığı ve toplum ruh sağlığı hemşireliği*. Genel Sağlık Bilimleri Dergisi, 6(1), 172–181.
- Karatana, Ö., & Karaman, M. (2024). Relationship of sustainable development goals, holistic nursing competence, and social justice advocacy role in public health nurses. *Public Health Nursing*, 41(6), 1535–1543. <https://doi.org/10.1111/phn.13418>
- Layard, R. (2016). *Happiness and public policy: A challenge to the profession*. *The Economic Journal*, 116(510), C24–C33. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2006.01073.x>
- Lund, C., Brooke-Sumner, C., Baingana, F., Baron, E. C., Breuer, E., Chandra, P., ... & Saxena, S. (2018). Social determinants of mental disorders and the Sustainable Development Goals: A systematic review of reviews. *The Lancet Psychiatry*, 5(4), 357–369. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30060-9](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30060-9)
- Nguyen, T. A., Knight, R., Roughead, E. E., Brooks, G., & Mant, A. (2015). Policy options for pharmaceutical pricing and purchasing: Issues for low-

- and middle-income countries. *Health Policy and Planning*, 30(2), 267–280. <https://doi.org/10.1093/heapol/czt105>
- Patel, V., Saxena, S., Lund, C., Thornicroft, G., Baingana, F., Bolton, P., ... & Unützer, J. (2018). The Lancet Commission on global mental health and sustainable development. *The Lancet*, 392(10157), 1553–1598. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31612-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31612-X)
- Razzouk, D. (2017). Mental health financing and the Sustainable Development Goals: Investing in the future. *World Psychiatry*, 16(3), 337–338. <https://doi.org/10.1002/wps.20454>
- Sweetland, A. C., Belkin, G. S., & Verdeli, H. (2014). Measuring depression and anxiety in women in resource-limited settings: A call to action. *Journal of Affective Disorders*, 156, 132–140.
- Türkiye İş Kurumu. (2023). Sürdürülebilir kalkınma hedefleri açıklamalı alt hedefler kılavuzu. https://www.kureselamaclar.org/wp-content/uploads/SKH_AciklamaliAltHedeflerKilavuzu.pdf
- UNDP. (2020). *Gender Equality Strategy 2020–2023*. <https://www.undp.org>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- UN Women. (2021). *The Gender Snapshot 2021: Progress on the Sustainable Development Goals*. <https://data.unwomen.org/publications>
- Votruba, N., & Thornicroft, G. (2016). Sustainable development goals and mental health: Learnings from the contribution of the FundaMentalSDG global initiative. *Global Mental Health*, 3, e26. <https://doi.org/10.1017/gmh.2016.20>
- Whiteford, H. A., Degenhardt, L., Rehm, J., Baxter, A. J., Ferrari, A. J., Erskine, H. E., ... Vos, T. (2015). Global burden of disease attributable to mental and substance use disorders: Findings from the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 386(9995), 1685–1715. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)61346-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61346-1)
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf?utm_
- World Health Organization. (2013). *Mental Health Action Plan 2013–2020*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241506021>
- World Health Organization (WHO). (2015). *Mental health and work: Impact, issues and good practices*. <https://www.who.int/publications>
- World Health Organization (2021). *Gender and Mental Health*. https://www.who.int/mental_health/gender

- World Health Organization. (2022a). *Sustainable development goals (SDGs) and health*. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/sustainable-development-goals>
- World Health Organization. (2022b). *World mental health report: Transforming mental health for all*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240049338?utm_
- World Health Organization (WHO). (2022c). *WHO guidelines on mental health at work*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240053052>
- World Health Organization. (2023). Gender and mental health. https://www.who.int/health-topics/gender#tab=tab_2
- World Health Organization. (2025, October 8). *Mental health: strengthening our response* <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>

Skapula Kırıklarının Tedavisi

Sezai Özkan¹

Cihan Adanaş²

Özet

Skapula kırıkları tüm iskelet sistemi kırıklarının yaklaşık %1'ini ve omuz kuşağı kırıklarının %3-5'ini oluşturur. Genellikle yüksek enerjili travmalar sonucunda gelişir ve sıklıkla toraks yaralanmaları, kaburga kırıkları, klavikula kırıkları ve kafa travması gibi ciddi ek yaralanmalarla birlikte görülür. Skapulanın kompleks üç boyutlu anatomisi, kırıkların değerlendirilmesini ve tedavi planlamasını güçleştirir. Tedavide glenoid eklem yüzeyi, skapular boyun hizalanması ve superior shoulder suspensory complex (SSSC) bütünlüğünün korunması büyük önem taşır. Kırıkların büyük bölümü konservatif olarak başarıyla tedavi edilebilirken, glenoid eklem yüzeyinin bozulduğu, skapular boyunda ciddi deformite olduğu veya SSSC bütünlüğünün bozulduğu durumlarda cerrahi tedavi gereklidir. Konservatif tedavide erken hareket, aşamalı rehabilitasyon ve skapular stabilizatör kasların güçlendirilmesi olumlu sonuçların temel belirleyicisidir. Cerrahi tedavide ise uygun endikasyonların belirlenmesi, doğru cerrahi yaklaşım seçimi ve anatomik redüksiyon esas olup, posterior Judet yaklaşımı sıklıkla tercih edilmektedir. Hem konservatif hem cerrahi tedavide uzun dönem fonksiyonel sonuçlar, hastanın rehabilitasyon uyumu ve kırık tipine bağlıdır. Bu çalışma, skapula kırıklarının sınıflandırılması, klinik değerlendirilmesi ve güncel tedavi yaklaşımlarını sistematik bir şekilde ele alarak, klinisyenlere kapsamlı bir kılavuz sunmayı amaçlamaktadır.

- 1 Doç, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Van, doktorsezai@hotmail.com, ORCHİD: 0000-0003-4444-6939
- 2 Doç, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Van, cihanadanas@hotmail.com, ORCHİD: 0000-0002-3652-6077

1. Giriş

Skapula kırıkları tüm iskelet sistemi kırıklarının yaklaşık %1'ini, omuz kuşağı kırıklarının ise %3–5'ini oluşturmaktadır (Zlowodzki et al., 2006). Nadir görülmelerine rağmen genellikle yüksek enerjili travmalarla ilişkili oldukları için, büyük oranda toraks yaralanmaları, pulmoner kontüzyon, kaburga kırıkları, klavikula kırıkları, kafa travması veya üst ekstremité yaralanmaları gibi ek travmalarla birlikte seyrederler (Herrera et al., 2009). Bu nedenle, skapula kırığı saptanan hastalarda sistematik bir politravma değerlendirmesi yapılması önemli bir gerekliliktir.

Skapulanın kompleks 3-boyutlu morfolojisi, omuz kuşağının kas-ligament yapılarının bağlantı noktalarını içermesi ve skapulotorasik hareketin omuz fonksiyonunda kritik rol oynaması, kırık yönetimini güçleştirir. Tedavi stratejileri belirlenirken glenoid eklem yüzeyinin bütünlüğü (Anavian et al., 2012), skapular boyun hizalanması (Bartoníček et al., 2018) ve superior shoulder suspensory complex (SSSC) stabilitesi mutlaka değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada skapula kırıklarının anatomisi, sınıflandırılması, tanı yöntemleri, konservatif ve cerrahi tedavi yaklaşımları ile rehabilitasyon süreçleri güncel literatür eşliğinde ayrıntılı biçimde incelenecektir.

2. Anatomi ve Biyomekanik

Skapula; glenoid fossa, korakoid çıkıntı, akromiyon, skapular spine ve geniş bir gövdeden oluşan yassı, üç boyutlu bir kemiktir. Omuz kuşağı kaslarının büyük bir bölümü skapula üzerine tutunur ve omuzun hem dinamik hem statik stabilitesinin sağlanmasında rol oynar

Skapulotorasik Biyomekanik

Skapulotorasik hareket, omuz elevasyonunun yaklaşık %40'ını oluşturur; bu nedenle skapuladaki her türlü deformite, glenohumeral eklem biyomekaniğini bozarak fonksiyon kaybına yol açabilir (Limb D. 2021).

Klinik açıdan kritik anatomik yapılar

Glenoid fossa: Eklem yüzeyinin %20'den fazlasının etkilenmesi durumunda instabilite ve posttravmatik artroz riski önemli ölçüde artar (Ideberg et al., 1995; Anavian et al., 2012).

Skapular boyun: Angulasyon ve translasyon deformitelerine duyarlıdır; glenopolar açı (GPA) $<20^\circ$ olduğunda fonksiyonel bozukluk riski belirgin şekilde yükselir (Bartoníček et al., 2018).

SSSC: Klavikula, akromiyon, korakoid ve AC/CC bağlarından oluşan halkasal yapının çift kırık veya kopma ile bozulması “floating shoulder” olarak adlandırılır ve ciddi instabiliteye yol açar (Van Noort et al., 2004).

3. Kırık Mekanizmaları

Skapula kırıklarının yaklaşık %80'i yüksek enerjili travmalar sonucunda görülür:

Motorlu araç kazaları, Yüksekten düşme, Direkt yüksek enerjili darbe, Ezilme yaralanmaları

Bu tür travmalarda eşlik eden yaralanmaların oranı %80'e kadar çıkmaktadır (Zlowodzki et al., 2006).

4. Sınıflandırma

Skapula kırıkları için evrensel kabul görmüş tek bir sınıflandırma sistemi bulunmamakla birlikte, anatomik bölgeye dayalı sistemler en yaygın kullanılan sınıflandırma yöntemidir (Ada & Miller, 1991)

4.1 Glenoid Kırıkları – Ideberg Sınıflaması

İntraartiküler kırıkların değerlendirilmesinde en sık kullanılan sistemdir (Ideberg et al., 1995). Eklem instabilitesinin öngörülmesinde değerlidir.

Tablo 1: Ideberg Glenoid Kırığı Sınıflaması

Tip	Tanım	Açıklama / Özellikler
Tip I	Glenoid kenar kırıkları	Ia: Anterior kenar kırığı Ib: Posterior kenar kırığı
TipII	Glenoid kaviteden başlayıp lateral scapular border'a uzanan kırık	Eklem içi kırık; skapulunun lateral sınırı boyunca ayrılma görülür.
Tip III	Glenoid kaviteden başlayıp scapula korpusunun üst kısmına uzanan kırık	Üst glenoid bölgeyi tutar; superior uzanım gösterir.
Tip IV	Glenoid kaviteden başlayıp scapula korpusunun medialine doğru uzanan kırık	Mediale doğru uzanan büyük parçalı kırık; daha ağır travma ile ilişkilidir.
Tip V	Tip II ve Tip IV kırıklarının kombinasyonu	Kompleks kırık paterni; cerrahi gereksinimi yüksektir.
Tip VI	Çok parçalı (komminüte) glenoid kırığı	Yüksek enerjili travmaya bağlı, çok parçalı eklem içi kırık; genellikle cerrahi gerektirir.

4.2 AO/OTA Sınıflaması

Modern, tüm skapula kırıklarını içeren daha geniş kapsamlı bir sistem olup interobserver güvenilirlik açısından daha tutarlı bulunmuştur (Jones et al., 2009).

Tablo 2: AO/OTA Skapula Kırığı Sınıflaması

Grup / Kod	Tanım	Açıklama
14 A	Ekstraartiküler glenoid olmayan kırıklar	Glenoid eklem yüzeyini içermeyen kırıklardır. Sadece skapulanın gövdesi, spina scapula, akromiyon veya korakoid gibi yapılar etkilenir.
14 A1	Skapula gövde kırığı	Korpus scapula üzerinde basit veya oblik kırık.
14 A2	Spina scapula kırığı	Skapula spinasını içeren kırıklar.
14 A3	Proses kırıkları	Akromiyon veya korakoid çıkıntı kırıkları.
14 B	İntraartiküler glenoid kırıkları	Glenoid eklem yüzeyini ilgilendiren kırıklardır. Stabilite ve eklem uyumu açısından önemlidir.
14 B1	Glenoid kenar kırığı	Anterior-posterior kenar kırıkları; omuz instabilitesine yol açabilir.
14 B2	Basit glenoid fossa kırığı	Tek çizgili, eklem içine uzanan kırık.
14 B3	Çok parçalı glenoid fossa kırığı	Komminüte kırık, eklem stabilitesini ciddi etkiler.
14 C	Kompleks skapula kırıkları	Hem glenoid hem skapula gövdesinin bir arada kırıldığı yüksek enerjili travmalar.

4.3 Akromiyon – Kuhn Sınıflaması

Kuhn sınıflaması, akromiyon kırıklarını deplasman miktarı, subakromiyal boşluk üzerine etkisi ve instabilite durumuna göre değerlendiren en yaygın kullanılan sınıflama sistemidir. Özellikle omuz impingement riskini ve cerrahi gereksinimini belirlemede klinisyene yol gösterir.

Tablo 3: Akromiyon Kırıkları – Kuhn Sınıflaması

Tip	Tanım	Klinik Özellikler / Tedavi Notları
Tip I	Minimal deplasmanlı akromiyon kırığı	Subakromiyal boşluk korunur; konservatif tedavi başarılıdır.
Tip II	Orta derecede deplasmanlı kırık	Subakromiyal boşlukta daralma; semptomla göre tedavi planlanır.
Tip III	Ciddi deplasmanlı veya inferior angülasyonlu kırık	Subakromiyal boşluk ciddi daralmış; impingement; genellikle cerrahi gerekir.

4.4 Korakoid – Ogawa Sınıflaması

Ogawa sınıflaması, korakoid çıkıntı kırıklarını anatomik konuma ve **superior shoulder suspensory complex (SSSC)** ile ilişkisine göre değerlendiren en sık kullanılan sınıflama sistemidir. Bu sınıflama, korakoid kırıklarında **stabilite**, **omuz kuşağı bütünlüğü** ve **cerrahi gereksinim** kararında önemli bir rol oynar.

Tablo 4: Korakoid Kırıkları – Ogawa Sınıflaması

Tip	Tanım	Klinik Özellikler / Tedavi Yaklaşımı
Tip I	Korakoklaviküler ligamentlerin medialinde kırık	SSSC bütünlüğü etkilenebilir; instabil kırık; sık cerrahi endikasyon.
TipII	Korakoklaviküler ligamentlerin lateralinde kırık	Daha stabil; çoğunlukla konservatif tedavi yeterlidir.

5. Klinik ve Radyolojik Değerlendirme

5.1 Klinik Bulgular

Hastalar genellikle omuz hareketlerinde ağrı, kısıtlılık, skapular bölgede hassasiyet, yaygın şişlik ve ekimoz ile başvururlar. Nörovasküler muayene yaralanma ciddiyeti açısından zorunludur .

5.2 Radyolojik İnceleme

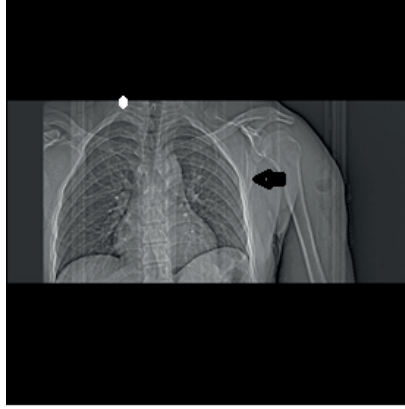
AP omuz, skapula Y ve aksiller lateral grafiler: İlk değerlendirme için temel görüntüleme.

Toraks BT: Eşlik eden toraks travmalarının değerlendirilmesi için gerekli (Herrera et al., 2009).

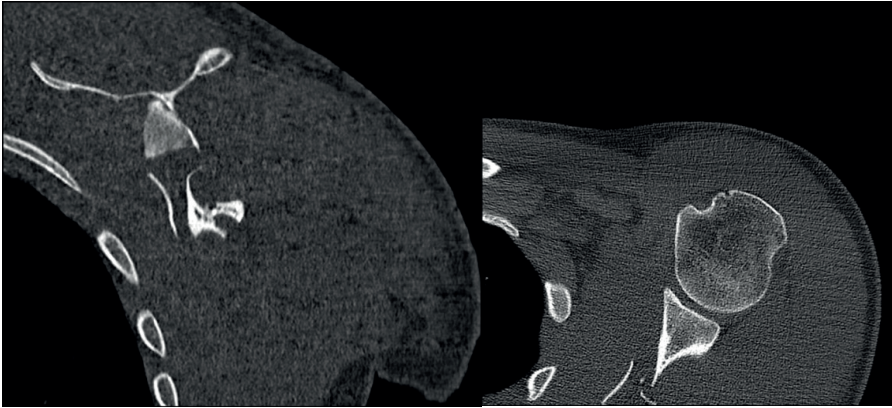
3D BT: Glenoid ve boyun kırıklarının değerlendirilmesinde altın standarttır (Anavian et al., 2012).

3D rekonstrüksiyon ile eklem yüzeyindeki step-off, gap, angulasyon, medializasyon gibi parametreler objektif ölçülebilir.

Şekil 1: Sol skapula kırığı olan 29 yaşındaki hastamızın omuz ap radyografisi



Şekil 2: Aynı hastamızın BT görüntüleri



6. Tedavi Yaklaşımları

Skapula kırıklarının yaklaşık %80–85'i konservatif yöntemlerle başarılı şekilde tedavi edilebilir (Herrera et al., 2009; Lantry et al., 2008). Ancak bazı kırık tiplerinde cerrahi tedavi fonksiyonel sonuçları belirgin şekilde iyileştirebilir.

6.1 Konservatif Tedavi

Konservatif tedavi, özellikle stabil, minimal deplase kırıklarda çoğu olgu için yeterli olup, uygun rehabilitasyon ile hastaların büyük çoğunluğu fonksiyonel ve ağrısız bir omuz hareketliliğine ulaşır. Nonoperatif tedavi özellikle stabil ve minimal deplase kırıklarda ilk seçenektir. Sistematik

derlemelerde konservatif tedavi edilen skapula gövde ve stabil boyun kırıklarında yüksek başarı oranları bildirilmiştir (Zlowodzki et al., 2006).

Konservatif tedavi kriterleri (genel kabul gören ölçütler):

- Angulasyon $< 20-25^\circ$
- Medializasyon < 1 cm
- Glenoid eklem yüzeyi tutulumu $< \%20$
- SSSC bütünlüğünün korunmuş olması (Van Noort et al., 2001)

Tablo 5. Konservatif Tedavi Protokolü

Zaman	Tedavi	Açıklama
0–2 hafta	Kol askısı, analjezi	Ağrı ve ödem kontrolü
2–4 hafta	Pasif-asistif hareket	Glenohumeral hareket açıklığını koruma
4–8 hafta	Aktif ROM	Fonksiyonel dönüşün başlaması
8–12 hafta	Kuvvetlendirme	Skapular stabilizatör kasların güçlendirilmesi
12+ hafta	Sportif aktiviteye dönüş	Kademeli yük artışı

6.2 Cerrahi Tedavi

Cerrahi tedavi; eklem yüzeyinin bozulduğu, ciddi angulasyon veya translasyonun bulunduğu, instabilite yaratan kırıklarda ve SSSC bütünlüğünün bozulduğu durumlarda gereklidir.

Tablo 6. Cerrahi Endikasyonlar

Kırık Tipi	Cerrahi Kriterler
Glenoid eklem içi	>4 mm çökme, $>\%25$ eklem yüzeyi kaybı, instabilite
Skapular boyun	Medializasyon >10 mm, angulasyon $>40^\circ$, GPA $<20^\circ$
SSSC yaralanması	Çift kırık / kopma (floating shoulder)
Akromiyon	Subakromiyal daralma, deltoid fonksiyon kaybı
Korakoid	CC bağ rüptürü + >1 cm deplasman

Başlıca Cerrahi Endikasyonlar

İntraartiküler glenoid kırığı: >4 mm step-off, $>\%25$ eklem yüzeyi kaybı, instabilite (Anavian et al., 2012).

Skapular boyun kırığı: Medializasyon >10 mm, angulasyon $>40^\circ$, GPA $<20^\circ$ (Bartonićek et al., 2018).

SSSC yaralanması: “Floating shoulder” (Van Noort et al., 2001).

Akromiyon: Subakromiyal daralma veya deltoid disfonksiyonu (Kuhn et al., 1994).

Korakoid: CC bağ rüptürü + >1 cm deplasman (Ogawa & Yoshida, 1997).

Tablo 7. Cerrahi Yaklaşımlar

Bölge	Yaklaşım	Avantaj	Dezavantaj
Skapula gövdesi	Posterior (Judet)	Geniş ekspoşur	Deltoid ayrılması gerekir
Glenoid	Anterior/Posterior	Eklem yüzeyine direkt ulaşım	Yüksek teknik zorluk
Akromiyon	Lateral	Deltoid sıyırma kolay	Subakromiyal skar oluşabilir
Korakoid	Deltopektoral	CC bağlarına erişim sağlar	Lateral alan görüşü sınırlı

Cerrahi Yaklaşımlar

Posterior (Judet) yaklaşım → Gövde ve glenoid posterior kırıkları (Jones et al., 2009).

Anterior (Deltopektoral) yaklaşım → Glenoid ön kırıkları, korakoid

Lateral yaklaşım → Akromiyon (Hill, B et al., 2014).

7. Rehabilitasyon

0–2 hafta: Kol askısı, pendulum egzersizleri

- 2–6 hafta: Pasif ve yardımcı aktif hareket
- 6–12 hafta: Aktif hareket + güçlendirme
- 12+ hafta: Sportif aktiviteler

Rehabilitasyon, skapula kırığı tedavisinin en kritik bileşenlerinden biridir. Başarılı cerrahi sonuçlar bile uygun bir rehabilitasyon programı olmadan fonksiyonel açıdan tatmin edici değildir

Temel prensipler

Erken pasif hareket,

Skapular stabilizatörlerin güçlendirilmesi (serratus anterior, trapezius, rhomboid),

Kademeli yük artışı,

Geç dönemde proprioseptif ve fonksiyonel antrenman.

8. Komplikasyonlar

Komplikasyonlar, kırığın tipi ve tedavi yaklaşımına göre değişkenlik gösterir. ; malunion, subakromiyal sıkışma, kronik omuz ağrısı veya glenohumeral instabilite en sık rastlanan sorunlardır. Cerrahiye özgü komplikasyonlar arasında enfeksiyon, donuk omuz ve donör saha ağrısı sayılabilir.

Olası komplikasyonlar şunlardır:

Malunion / Nonunion (Lantry et al., 2008)

Subakromiyal impingement (Kuhn et al., 1994)

Glenohumeral instabilite veya artroz (Ideberg et al., 1995)

Donuk omuz

Cerrahiye bağlı enfeksiyon, yara problemleri

Özellikle intraartiküler glenoid kırıkları posttravmatik artroz gelişimi açısından yüksek risk taşır.

9. Sonuç

Skapula kırıkları nadir olmakla birlikte, yüksek enerjili travmalarla ilişkili oldukları için karmaşık klinik karar süreçleri gerektirir. Tedavinin temel belirleyicileri: Kırık tipinin doğru sınıflandırılması, Cerrahi endikasyonların objektif ölçütlere dayanması, 3D BT ile detaylı değerlendirme, Multidisipliner yaklaşım (travma + ortopedi + rehabilitasyon) ve kademeli rehabilitasyon programı olarak sıralanabilir. Bu yaklaşım, hem konservatif hem cerrahi tedavi edilen hastalarda omuz eklem fonksiyonunun maksimum düzeyde korunmasını sağlar ve komplikasyon riskini minimize eder.

Kaynaklar:

- 1-Ada, J. R., & Miller, M. E. (1991). Scapular fractures: Analysis of 113 cases. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (301), 174–180.
- 2-Anavian, J., Gauger, E. M., Schroder, L. K., Wijdicks, C. A., & Cole, P. A. (2012). Surgical and functional outcomes after operative management of complex and displaced intra-articular glenoid fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 94(7), 645–653. <https://doi.org/10.2106/JBJS.J.00896>
- 3-Bartoniček, J., Tuček, M., & Naňka, O. (2018). Scapular body fractures: Typology, diagnosis, and surgical treatment. *International Orthopaedics*, 42(2), 241–247.
- 4-Herrera, D. A., Anavian, J., Tarkin, I. S., Armitage, B. A., & Schroder, L. K. (2009). Delayed operative management of fractures of the scapula. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 91(3), 619–626.
- 5-Hill, B. W., Anavian, J., Jacobson, A. R., & Cole, P. A. (2014). Surgical management of isolated acromion fractures: Technical tricks and clinical experience. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 28(5), e107–e113. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000040>
- 6-Ideberg, R., Grevsten, S., & Larsson, S. (1995). Epidemiology of scapular fractures. In R. Ideberg (Ed.), *Fractures of the scapula* (pp. 3–8). Berlin, Germany: Springer.
- 7-Jones, C. B., Cornelius, J. P., Sietsema, D. L., Ringler, J. R., & Endres, T. J. (2009). Modified Judet approach and minifragment fixation of scapular body and glenoid neck fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 23(8), 558–564. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3181a18216>
- 8-Kuhn, J. E., Blasier, R. B., & Carpenter, J. E. (1994). Fractures of the acromion process: A proposed classification system. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 8(1), 6–13.
- 9-Lantry, J. M., Roberts, C. S., & Giannoudis, P. V. (2008). Operative treatment of scapular fractures: A systematic review. *Injury*, 39(3), 271–283.
- 10-Limb, D. (2021). Biomechanics of the scapulothoracic articulation. *Shoulder & Elbow*, 13(2), 111–119.
- 11-Ogawa, K., & Yoshida, A. (1997). Fracture of the coracoid process. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 79(1), 17–19.
- 12-Van Noort, A., te Slaa, R. L., Marti, R. K., & van der Werken, C. (2001). The floating shoulder: A multicenter study. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 83(6), 795–798.
- 13-Zlowodzki, M., Bhandari, M., Zelle, B. A., Kregor, P. J., & Cole, P. A. (2006). Treatment of scapula fractures: Systematic review of 520 fractures in 22 case series. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 20(3), 230–233.

Yaşlı Bireylerde Öz-Bakım Gücü, Öz-Şefkat ve Hemşirelik Yaklaşımları

Şeyda Yetginler Memiş¹

Selen Özdemir²

Özet

Öz-bakım, bireyin sağlığını sürdürmesi, iyilik halini koruması ve günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak gerçekleştirebilmesi için gerekli davranış ve tutumları kapsayan temel bir kavramdır. Öz-bakım gücü ise bireyin bu davranışları planlama, uygulama ve sürdürebilme kapasitesini ifade eder ve yaşam kalitesi ile yakından ilişkilidir. Yaşlı bireylerde yaşlanmaya bağlı fizyolojik, psikolojik ve sosyal değişimler; kronik hastalıklar, çoklu ilaç kullanımı, duyuşsal kayıplar ve bağımlılık düzeyinin artması öz-bakım gücünü olumsuz etkileyebilmektedir. Orem'in Öz-Bakım Kuramı, yaşlı bireylerin evrensel, gelişimsel ve sağlıktan sapmaya bağlı öz-bakım gereksinimlerini anlamada önemli bir kuramsal çerçeve sunmaktadır. Öz şefkat ise bireyin zorluklar, başarısızlıklar ve acı verici yaşantılar karşısında kendine karşı anlayışlı, yargılayıcı olmayan ve destekleyici bir tutum geliştirmesini ifade eder. Öz nezaket, ortak yaşantı ve bilinçli farkındalık bileşenlerinden oluşan öz şefkat; psikolojik iyilik hali, yaşam memnuniyeti, stresle baş etme ve yaşlanmaya yönelik olumlu tutumlar ile ilişkilidir. Yaşlılık döneminde artan sağlık sorunları ve kayıplar karşısında öz şefkat, bireyin psikolojik dayanıklılığını güçlendiren önemli bir koruyucu faktör olarak öne çıkmaktadır. Hemşireler, yaşlı bireylerin öz-bakım gücü ve öz şefkat düzeylerinin geliştirilmesinde eğitim, danışmanlık, bakım verme ve değerlendirme rolleriyle kritik bir sorumluluk üstlenmektedir. Hemşirelik girişimleri; öz-bakım davranışlarının desteklenmesi, öz şefkatin kazandırılması, güvenli çevrenin sağlanması ve multidisipliner ekip iş birliği ile bütüncül bakımın sürdürülmesini kapsamaktadır.

1 Öğr. Gör., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, seyda.memis@erzincan.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9703-6736>

2 Öğr. Gör. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, selen.ozdemir@erzincan.edu.tr , <https://orcid.org/0000-0002-5354-7590>

1. Öz-Bakım Kavramı ve Yaşlı Bireylerde Öz-Bakım

Öz-bakım, bireylerin kendi yaşamını, iyilik halini sürdürebilmek için kişi tarafından gerçekleştirilen tüm davranış ve tutumlar olarak tanımlanmaktadır (WHO, 1983). Öz-bakım gücü ise bireylerin kendi sağlık durumlarını yönetme, günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak sürdürme kapasiteleridir. Bireylerin yaşam kalitesi öz-bakım gücü ile ilişkilidir (Yılmaz ve Aşlar, 2022; Has ve Bahçecik, 2024; İstek & Karakurt, 2018). Sağlıklı bir bireyin günlük yaşam aktivitelerini yerine getirebilmesi için yeterli öz-bakım gücüne sahip olması gerekmektedir. Öz-bakımın düşük olduğu durumlarda bireylerin öz-bakım gereksinimleri artarken sağlık durumlarında kötüleşme görülebilir (Koçak ve ark., 2024). Öz-bakım, beslenme, dinlenme ve aktivite durumlarının dengelenmesi gibi temel ihtiyaçları veya semptom izleme, ilaç alımı gibi sağlık ve tedaviyle ilgili durumları içerir. Öz-bakım ihtiyaçlarını karşılamak için bunların araştırılması, karar verilmesi ve gerçekleştirilmesi gerekir (Wientzek et al., 2023).

Orem'in Öz-bakım Kuramında öz-bakım gücü, "Sağlığın sürdürülmesi ve iyileştirilmesine yönelik öz-bakım davranışlarını düzenleme, öz-bakım ile ilgili konularla ilgilenme, anlama ve kavrama, düzenlenen etkinlikleri gözleme, bilgiyi kullanma, karar verme ve verilen kararı uygulama başarısına yönelik bireysel kabiliyettir" olarak tanımlanmıştır (Berbiglia, 2014). Orem öz-bakım gereksinimlerini evrensel öz-bakım gereksinimleri, gelişimsel öz-bakım gereksinimleri ve sağlıktan sapma öz-bakım gereksinimleri olarak üç kategoriye ayırmıştır. Evrensel öz-bakım gereksinimleri, bireyin iyilik halini ve işlevselliğini arttıran gereksinimlerdir. Örneğin, yeterli hava, su, beslenme ihtiyaçları, uyku gibi bireyin yaşamını sürdürebilmesi için zorunlu olan ihtiyaçlardır. Gelişimsel öz-bakım gereksinimi, yaşam döngüsünde yer alan çocukluk çağı, ergenlik, gebelik gibi dönemlerde bireyin karşılaştığı sağlık problemlerinin karşılanmasıdır. Sağlıktan sapmalarda öz-bakım gereksinimi, bireyin sağlığı bozulup hastalık, sakatlık ve rahatsızlık gibi durumlarda öz-bakım gereksinimlerini karşılayamaması durumunda bu durumların ortadan kalkması için destek alması şeklinde tanımlanmaktadır (Bilgehan ve ark., 2020; Demirtürk Selçuk ve ark., 2019).

Öz-bakım gücü yaş, sağlık durumu, kültürel geçmiş ve yaşam deneyimleri tarafından belirlenir (Wientzek et al., 2023). Özellikle yaşlı bireyler için öz-bakım, sağlıklarını korumalarına ve mümkün olduğunca uzun süre toplumda yaşamaya devam etmelerine yardımcı olan bir kaynaktır. Fakat yaşlanmayla birlikte fiziksel ve psikolojik dengede bozulmalar, yaşlı bireylerin yardım alma ve öz-bakım ihtiyaçlarını artırmaktadır (Chan et al., 2015, Erci ve ark.,

2017). Bu durumda hemşireler bakım verici rolünü kullanarak bireyin öz-bakım gereksinimlerinin karşılanmasına katkıda bulunabilir.

Öz-bakıma başarılı bir şekilde katılım, yaşam kalitesinin iyileşmesi, hastaneye yatış ve ölüm oranlarının azalmasıyla ilişkilidir (Lee et al., 2018; Auld et al., 2018; Gu et al., 2018). Öz-bakım gücü yüksek olan bireylerin, öz-bakımı yetersiz olanlara göre yaşam kalitelerinin daha yüksek, hastane yatış ve ölüm oranlarının daha düşük olduğu görülmektedir (Riegel ve ark., 2017).

Yaşlı bireylerde, ileri yaş, ekonomik durum, düşük eğitim düzeyi, kırsal bölgelerde yaşama, kronik hastalıklar, çoklu ilaç kullanımı, işitme ve görme kaybı, günlük yaşam aktivitelerinde başka bireylere bağımlı olma gibi faktörler öz-bakım gücünü azaltır. Ayrıca yaşlı bireylerin öz-bakım gücü yalnızlık, yorgunluk, uyku problemleri, sosyal güvencenin olmaması, olumsuz sağlık algısı, sosyal desteğin olmaması gibi durumlarda etkilemektedir (Hayırkuş & Çapar, 2024). Bu durumlarda yaşlı bireylerin kendi kendine yetemediklerini düşünmeleri kendilerini değersiz hissetmesine neden olmaktadır. Değersizlik hissi yaşlı bireylerin yaşam doyumunu da olumsuz etkilemektedir. Yaşlı bireylerin yaşam doyumları öz-bakım gücü ile yakından ilişkilidir (Pınar & Demirel, 2016). Bu nedenle yaşlı bireylerin öz-bakım faaliyetlerinde desteklenmesi ve yönlendirilmesi işlevsel ve sağlıklı bir yaşam sürmeleri açısından önemlidir.

Yaşlanma ile birlikte birçok fizyolojik ve psikolojik değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişiklikler vücut direncinin düşmesine ve kronik hastalık görülme insidansının artmasına neden olmaktadır. Bağışıklık sisteminde zayıflama, stresle baş etme problemleri, fizyolojik ve psikolojik değişikliklere adaptasyon sorunlarıyla yaşlılık döneminde daha fazla karşılaşılmaktadır (Bakır & Akın, 2019). Yaşlı bireylerin yaklaşık %67'sinde birden fazla, genellikle iki veya daha fazla kronik hastalık bulunmaktadır. Yaşlılarda yaygın olan hastalıklar arasında tip 2 diyabet, kronik kalp yetmezliği, kardiyovasküler hastalıklar ve demans bulunur. Kronik hastalıklar artarken, hem kamu hem de özel sağlık sistemleri bu yeni ihtiyaçları karşılamakta zorlanmaktadır (Boccardi, 2019). Kronik hastalıkların artışı yaşlı bireylerin yaşam kalitesinin düşmesine ve öz-bakım ihtiyaçlarının artmasına sebep olmaktadır.

2. Öz Şefkat Kavramı ve Yaşlı Bireylerde Öz Şefkat

Öz şefkat, acı çekme, (algılanan) başarısızlık ve diğer yaşam zorlukları sırasında kişinin kendine karşı yargılamadan, sempati ve anlayışla davranmasıdır (Warren et al, 2016). Öz şefkat, kişinin kendi duygusal deneyimlerinin farkında olmasını, kendine rahatlık ve destek sunmasını ve

olumsuz öz eleştiriden veya kendine zarar verici davranışlardan kaçınmasını içerir. Daha yüksek öz şefkat düzeyleri, duygusal iyilik hali, artan direnç ve kişinin kendisiyle ve başkalarıyla daha sağlıklı ilişkiler kurmasıyla ilişkilidir (Lopez et al, 2018). Genellikle öz şefkat zihinsel ve duygusal sağlık iyileştirmek için değerli bir araç olarak kabul edilir (Phillips & Hine, 2021).

Yüksek düzeyde öz şefkate sahip olmak, daha iyi psikolojik iyilik hali (yani yaşam kalitesi, olumlu duygular, genel mutluluk) (Phillips & Hine, 2021), ruh sağlığı (yani daha az depresyon, kaygı ve stres belirtisi), uyumlu başa çıkma ve kişisel direnç (yani öz eleştirel düşünmenin azalması, olumsuz deneyimler üzerinde düşünmenin azalması, duygu düzenlemesinin artması), hedef yönelimi (yani kendini geliştirme motivasyonu), sağlıklı ilgili davranışların öz düzenlenmesi (örneğin fiziksel aktiviteye bağlılık ve sürdürme) (Breines & Chen, 2012) ve kişilerarası ilişkilerde memnuniyet (Neff & Beretvas, 2013) ile ilişkilidir. Öz şefkat düzeyi düşük olan kişiler genellikle genel refahı engelleyen özellikler ve eğilimler sergilerler. Bunlar arasında aşırı öz eleştiri, düşük öz saygı, yüksek düzeyde olumsuz duygular, mükemmeliyetçi eğilimler, zayıf başa çıkma stratejileri, duyguları bastırma, ilişki zorlukları, azalmış kişilik direnci ve risk almaktan ve yeni şeyler denemekten korkma yer alır (Neff & Davidson, 2016).

Günümüz şartlarında kişilerin kendileriyle ilgili duygu ve düşüncelerini anlamaları ayrıca kendilerine karşı öz şefkat duymaları hayatlarını kolaylaştırmak adına önemlidir (Şahin ve Aktaş, 2018). Öz şefkat, her insanın hata yapabileceğini, başarısız olabileceğimizi, yetersiz olduğumuz durumlar olabileceğini ve bunun normal olduğunu kabul etmemizi sağlar (Omay, 2019).

Öz şefkat birbiriyle bağlantılı üç bileşenden meydana gelmektedir. Bunlar öz nezaket, ortak yaşantı ve bilinçli farkındalıktır. Bu bileşenler birbirinden ayrı gibi görülsede her bileşen diğeriyle ilişkilidir.

Öz nezaket bireyin acı veren yaşantıları ve başarısızlıkları karşısında kendine karşı destekleyici tutum sergilemesidir. Aynı durumlarda başkalarına karşı gösterdiği kabul edici ve nazik tutumu kendine karşı da göstermesidir. Genellikle insanlar böyle durumlarda kendine karşı daha acımasız davranır. Bu tutum kişinin kendine karşı olumsuz duygular (yalnızlık, öfke, korku vb.) hissetmesine neden olarak baş etme mekanizmasının zayıflamasına sebep olur. Öz nezaketi yüksek olan bireyler ise hayatta her şeyin olabileceğini kabul eden ve bu durumlardan kendilerini sorumlu tutmayan kişilerdir (Neff, 2010).

Bireyler hayatta olumsuz deneyimler yaşadıklarında bu durumun sadece kendi başına geldiğini düşünerek hayattan kendini soyutlayabilirler. Bunun sonucunda keder, üzüntü, acı, hayal kırıklığı gibi durumları hayatının farklı farklı dönemlerinde herkesin yaşayabileceğini unuturlar. Bunun farkında olmak kişiye yaşanan deneyimi kabul etme noktasında yardımcı olacaktır. Ortak yaşantı düşüncesine sahip kişi bu durumları herkesin yaşayabileceği bir deneyim olarak görerek motivasyon sağlar (Atalay, 2019).

Mindfulness yani bilinçli farkındalık “birbirini izleyen anlarda algılarımızın sadece bizde ve iç dünyamızda neler olduğuna odaklanması ve net bir şekilde farkında olma durumu” şeklinde tanımlanmaktadır. Kişinin yaşadığı olumsuz durumları rasyonel bakış açısıyla değerlendirmesi bilinçli farkındalığın en önemli özelliğidir. Yaşanılan her duygunun bastırılmadan, reddedilmeden ve bilinçli olarak kabul edilmesini içerir. Bilinçli farkındalık düzeyi yüksek olan kişilerin dikkati bulunduğu andadır. İçinde bulunduğu anla ilgili çıkarımlarda bulunmak, bilişsel çarpıtmalar yapmak yerine yaşadığı durumun bedeninde ve zihninde yarattığı değişimleri gözlemler (Atalay, 2018).

Yaşlanmayla birlikte artan, sağlık problemleri kronik hastalıklar ve kayıplar bireylerin psikolojik iyilik halini olumsuz etkiler (Brown et al., 2016). Bu durumda olumsuz etkileyen bu faktörlere karşı öz şefkat koruyucu olabilmektedir. Öz şefkat başarısızlıklara ve acılara karşı kendini suçlamak, bastırmak yerine kabul ederek onlara karşı olumlu tutum geliştirmeye yardımcı olur (Tran et al., 2022).

Yaşlı bireylerde yapılan çalışmalarda öz şefkatin psikolojik iyi oluş halini pozitif yönde ve anlamlı düzeyde etkilediği, öz şefkat düzeyi yüksek olan bireylerin yaşlanmaya karşı tutumlarının olumlu olduğu bulunmuştur (Brown et al., 2016; Homan et al., 2016). Öz şefkat düzeyinin yüksek olması yaşlı bireylerde stres durumunda ve kötü sağlık durumlarında bireylerin kendini iyi hissetmesini sağlar (Homan et al., 2016). Öz şefkat, yaşam memnuniyeti ve yaşlanmaya karşı tutum başarılı bir yaşlanma da etkilidir (Kunuroglu ve Vural Yuzbasi, 2021).

3. Yaşlı Bireylerde Öz-Bakım Gücü ve Öz Şefkat Geliştirilmesinde Hemşirelerin Rol ve Sorumlulukları

Yaşlılık dönemi, bireyin fiziksel, psikososyal ve bilişsel açıdan değişimlere uyum sağlamaya çalıştığı bir süreçtir. Hemşireler; bireylere öz-bakım davranışlarının kazandırılmasında ve sürdürülmesinde eğitim ve danışmanlık vererek yol gösterirler. Yaşlı bireyler öz-bakım aktivitelerini gerçekleştiremediği durumlarda hemşireler bireye yardımcı olarak yada onun yerine öz-bakım aktivitesini gerçekleştirerek bireye destek olur. Hemşirenin yaşlı bireyin öz-

bakım gücüne sahip olma düzeyini tespit edebilmesi oldukça önemlidir. Öz-bakım gereksinimlerini belirlerken yaşlı bireyin semptom ve bulgularını ifade ederken zorlanabileceğini, yeterli sosyal desteğinin olmayabileceğini, başka ek hastalıklarının olabileceğini göz önünde bulundurması gerekir (Uğur, 2022).

- Hemşireler, yaşlı bireylere ve bakım verenlerine öz-bakımın ne olduğunu, neden önemli olduğunu ve hangi öz-bakım uygulamalarını günlük yaşamlarına dâhil edebileceklerini anlatmalıdır. Hemşireler beslenme, kişisel hijyen, düzenli egzersiz, uyku düzeni gibi konularda bireyselleştirilmiş eğitimler sunmalıdır.
- Hemşireler, yaşlı bireylere kendilerine karşı yargılayıcı olmamayı, hatalarını kabul etmeyi ve kendilerine empatiyle yaklaşmayı öğretmelidir. Meditasyon, mindfulness egzersizleri ve olumlu iç diyalog teknikleri bu süreçte kullanılabilir.
- Hemşireler, yaşlı bireylerin kendilerini güvende hissettikleri ve öz-bakım uygulamalarını rahatlıkla gerçekleştirebildikleri bir ortam sağlamalıdır. Bu, ev ortamının düzenlenmesi, gerekli yardımcı cihazların temini ve sosyal destek ağlarının güçlendirilmesi anlamına gelebilir. Aile üyeleri ve diğer bakım verenler de bu sürece dâhil edilerek, yaşlı bireyin öz-bakım kapasitesini destekleyici bir yaklaşım benimsemelidir.
- Hemşireler, yaşlı bireylerin öz-bakım kapasitelerini düzenli olarak değerlendirmelidir. Bu değerlendirmeler, fiziksel kısıtlılıklar, bilişsel durum, duygusal sağlık ve sosyal destek gibi faktörleri kapsamalıdır. Yapılan müdahalelerin etkinliği de sürekli izlenmeli ve geri bildirim mekanizmaları ile bireylerin katılımı sağlanmalıdır.
- Yaşlı bireylerin öz-bakım ve öz şefkat konularındaki ihtiyaçları genellikle karmaşıktır ve multidisipliner bir çalışma gerektirebilir. Hemşireler, doktorlar, fizyoterapistler, diyetisyenler, psikologlar ve sosyal hizmet uzmanları gibi diğer sağlık profesyonelleri ile işbirliği yaparak bütüncül bir bakım sağlamalıdır. Bu işbirliği, yaşlı bireylerin diğer ihtiyaçlarının karşılanmasına da yardımcı olur.

4. Sonuç

Öz-bakım gücü bireylerin sağlıklarını korumaları, günlük yaşam aktivitelerini bağımsız sürdürebilmeleri ve yaşam kalitelerini artırmaları açısından temel bir belirleyici olup, yetersiz olduğu durumlarda sağlık sorunlarının artmasına neden olabilmektedir. Yaşlanmayla artan öz-

bakım gereksinimlerinin karşılanmasında hemşirelerin bakım verici rolü, yaşlı bireylerin sağlıklarını koruyarak bağımsızlıklarını ve toplum içinde yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından kritik bir öneme sahiptir. Yaşlı bireylerin öz-bakım gücünü etkileyen bireysel, sosyal ve çevresel faktörlerin farkında olunması; onların desteklenmesi ve doğru şekilde yönlendirilmesi, yaşam doyumlarını artırarak daha işlevsel ve sağlıklı bir yaşam sürmelerini sağlamada temel bir role sahiptir.

Öz şefkat bireyin kendine karşı anlayışlı ve destekleyici bir tutum geliştirmesini sağlayarak duygusal iyilik halini, psikolojik dayanıklılığı ve sağlıklı ilişkileri güçlendiren önemli bir içsel kaynak olarak değerlendirilebilir. Öz şefkatin yaşlı bireylerde psikolojik iyilik halini güçlendirdiği, stres ve sağlık sorunlarıyla baş etmeyi kolaylaştırdığı, yaşam memnuniyeti ve yaşlanmaya yönelik olumlu tutumları destekleyerek başarılı yaşlanmada önemli bir koruyucu faktör olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak yaşlı bireylerde öz-bakım ve öz şefkatin geliştirilmesi yaşam kalitesini artırmayı ve sağlıklı yaşlanmayı destekler. Hemşireler bu süreçte yaşlı bireyi hem fiziksel hem psikososyal hem de bilişsel açıdan destekler.

Kaynakça

- Atalay, Z. (2018). *Mindfulness: Şimdi ve Burada Bilinçli Farkındalık*. İstanbul: Bilişsel ve Davranışçı Terapiler Serisi Psikonet Yayınları.
- Atalay, Z. (2019). *Zorlayıcı Duygu ve Durumlarla Yaşayabilme Sanatı*. İstanbul: İnkılâp Yayınevi.
- Auld, J. P., Mudd, J. O., Gelow, J. M., Hiatt, S. O., & Lee, C. S. (2018). Self-care moderates the relationship between symptoms and health-related quality of life in heart failure. *Journal of Cardiovascular Nursing*, 33(3), 217-224. <https://doi.org/10.1097/JCN.0000000000000447>
- Bakır, G. K., & Akın S. (2019). Yaşlılıkta Kronik Hastalıkların Yönetimi İle İlişkili Faktörler. *Sağlık ve Toplum*, 29(2), 17-25.
- Berbiglia, V. A. (2014). *Orem's self-care deficit theory in nursing practice. Nursing theory: Utilization & application* (5ta ed.). St. Louis, Missouri: Mosby.
- Bilgehan, T., Koç, A., İnkaya, B. (2020). KOAH tanısı ile izlenen bireyin Orem'in Öz-bakım Yetersizlik Kuramı'na göre bakımı (olgu sunumu). *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 7(3), 231-238.
- Boccardi, V. (2019). Population ageing: The need for a care revolution in a world 2.0. *Geriatrics*, 4(3), 47. <https://doi.org/10.3390/geriatrics4030047>
- Breines, J. G., & Chen, S. (2012). Self-compassion increases self-improvement motivation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 38(9), 1133-1143. <https://doi.org/10.1177/0146167212445599>
- Brown, L., Bryant, C., Brown, V., Bei, B., & Judd, F. (2016). Self-compassion, attitudes to ageing and indicators of health and well-being among midlife women. *Aging & mental health*, 20(10), 1035-1043. <https://doi.org/10.1080/13607863.2015.1060946>
- Chan, A., Matchar, D. B., Tsao, M. A., Harding, S., Chiu, C. T., Tay, B., ... & Haldane, V. E. (2015). Self-Care for Older People (SCOPE): A cluster randomized controlled trial of self-care training and health outcomes in low-income elderly in Singapore. *Contemporary clinical trials*, 41, 313-324. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2015.01.001>
- Demirtürk Selçuk, E., Demirbağ, B. C. (2019). Dorothea Elizabeth Orem'in Öz-Bakım Teorisi'ne göre konjestif kalp yetersizliği olan hastanın hemşirelik bakım planı. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi Olgu Sunumu GUJHS*, 8(3), 333342.
- Erci, B., Yılmaz, D., & Budak, F. (2017). Yaşlı bireylerde özbakım gücü ve yaşam doyumunun umut düzeylerine etkisi. *Psikiyatri hemşireliği dergisi*, 8(2), 72-76.
- Felipe, L. C., de Araújo, A. R. A., & Vitor, A. F. (2014). *Processo de enfermagem segundo o modelo do autocuidado em um paciente cardiopata restrito ao*

- leito. *Revista de Pesquisa Cuidado é FundamentalOnline*, 6(3),897-908. <https://doi.org/222-244.10.9789/21755361.2014v6n3p897>
- Gu, J., Chao, J., Chen, W., Xu, H., Zhang, R., He, T., & Deng, L. (2018). Multimorbidity and health-related quality of life among the community-dwelling elderly: a longitudinal study. *Archives of gerontology and geriatrics*, 74, 133-140.
- Has, E., Bahçecik, A. N. (2024). Hemodiyaliz Uygulanan Hastalarda Öz-bakım Gücü ve Spiritüel Bakım Gereksinimlerinin Değerlendirilmesi/Evaluation of Self-Care Ability and Spiritual Care Needs Hemodialysis Patients. *Nefroloji*. <https://doi.org/10.47565/ndthdt.2024.82>
- Hayırkuş, B., & Çapar, A. (2024). Yaşlı Bireylerin Öz-bakım Gücü İle Psikolojik İyi Oluşları Arasındaki İlişki: Bir Huzurevi Örneği. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 18(3), 336-345.
- Homan, K. J. (2016). Self-compassion and psychological well-being in older adults. *Journal of Adult Development*, 23(2), 111-119. <https://doi.org/10.1007/s10804-016-9227-8>
- İstek, N., & Karakurt, P. (2018). Global bir sağlık sorunu: Tip 2 diyabet ve öz-bakım yönetimi.
- Koçak, H., Keskin, M., & Canatan, A. (2024). Aktif yaşlanma konusunda bibliyometrik bir analiz: Mevcut durum ve eğilimler. *Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi*, 17(1), 1-20.
- Kunuroglu, F., ve Vural Yuzbasi, D. (2021). Factors promoting successful aging in turkish older adults: Self compassion, psychological resilience, and attitudes towards aging. *Journal of Happiness Studies*, 22, 3663-3678. <https://doi.10.1007/s10902-021-00388-z>
- Lee, C. S., Bidwell, J. T., Paturzo, M., Alvaro, R., Cocchieri, A., Jaarsma, T., ... & Vellone, E. (2018). Patterns of self-care and clinical events in a cohort of adults with heart failure: 1 year follow-up. *Heart & Lung*, 47(1), 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2017.09.004>
- López, A., Sanderman, R., Ranchor, A. V., & Schroevers, M. J. (2018). Compassion for others and self-compassion: Levels, correlates, and relationship with psychological well-being. *Mindfulness*, 9, 325–331.
- Neff, K. (2010). Self compassion: an alternative conceptualization of a healthy attitude to wardone self. *Self and identity Psychology Press*, 2, 85–102, <https://doi.org/10.1080/15298860390129863>.
- Neff, K., & Beretvas, S. N. (2013). The role of self-compassion in romantic relationships. *Self-Identity*, 12(1), 78–98. <https://doi.org/10.1080/15298868.2011.639548>
- Neff, K., & Davidson, O. (2016). Self-compassion: Embracing suffering with kindness. In I. Ivtzan & T. Lomas (Eds.), *Mindfulness in positive psychology*:

The science of meditation and wellbeing (pp. 37–50). Routledge/Taylor & Francis Group.

- Omay, Z. M. (2019). Üniversite öğrencilerinin öz anlayış düzeylerinin hayat memnuniyeti ve dindarlık yönelimleri açısından incelenmesi (yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, İstanbul.
- Orem DE. (2001). Self-care deficit theory of nursing: concepts and applications. (7 ed.). USA: Dennis CM Mosby-Year Book Inc.. pp.99-135.
- Phillips, W. J., & Hine, D. W. (2021). Self-compassion, physical health, and health behaviour: A meta-analysis. *Health Psychology Review*, 15(1), 113–39. <https://doi.org/10.1080/17437199.2019.1705872>
- Pınar, Ş. E., & Demirel, G. (2016). Huzurevinde yaşayan orta yaş ve yaşlı bireylerde günlük yaşam aktiviteleri, öz-bakım gücü ve yaşam doyumunun incelenmesi. *Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi*, 9(1), 39-52.
- Riegel, B., Moser, D. K., Buck, H. G., Dickson, V. V., Dunbar, S. B., Lee, C. S., Lennie, T. A., Lindenfeld, J., Mitchell, J. E., Treat-Jacobson, D. J., Weber, D. E., & American Heart Association Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Peripheral Vascular Disease; and Council on Quality of Care and Outcomes Research (2017). Self-Care for the Prevention and Management of Cardiovascular Disease and Stroke: A Scientific Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Journal of the American Heart Association*, 6(9), e006997. <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.006997>
- Şahin, M. ve Aktaş, A. (2018). Narsistik özellik öz şefkat ve duygu düzenleme güçlüğü arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(6), 362-374.
- Tran MAQ, Vo-Thanh T, Soliman M, Ha AT, Van Pham M. (2022). Could mindfulness diminish mental health disorders? The serial mediating role of self-compassion and psychological well-being. *Curr Psychol*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12144-02203421-3>
- Uğur, Ö. (2022). Geriatrik Palyatif Bakım ve Hemşirelik Yaklaşımı. *Abant Medical Journal*, 11(1), 112-122.
- Warren, R., Smeets, E., & Neff, K. (2016). Self-criticism and self-compassion: Risk and resilience: Being compassionate to oneself is associated with emotional resilience and psychological well-being. *Curr Psychiatry*, 15(12), 18–28. <https://doi.org/10.17269/s41997-024-00965-8>
- WHO (1983). Health education in self-care: Possibilities and limitations: Report of a scientific consultation. Geneva: World Health Organization.
- Wientzek, R., Brückner, R. M., Schönenberg, A., & Prell, T. (2023). Instruments for measuring self-management and self-care in geriatric patients—a

scoping review. *Frontiers in public health*, 11, 1284350. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1284350>

Yılmaz, Y., Aşilar, R. H. (2022). Hipertansiyon Hastalarında Uyku Kalitesinin Öz-bakım Gücü ve Kan Basıncı Kontrolüne Etkisi. *Türk Uyku Tıbbı Dergisi*, 9(3), 278-287. <https://doi.org/10.4274/jtsm.galenos.2022.19970>

Afetlerde Ulusal Medikal Kurtarma Ekiplerinin Rolü

Ümit Topcuoğlu¹

Özet

Afetler; geniş kitleleri etkileyen, sağlık sistemlerini zorlayan ve acil, etkili, organize sağlık hizmeti gerektiren olağanüstü durumlardır. Bu süreçte Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri (UMKE), afet bölgesinde hızlı sağlık hizmeti sunumu, tıbbi müdahale organizasyonu, hasta triajı, saha koşullarına uygun acil bakım, tahliye ve sevk süreçlerinin yönetilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. UMKE ekipleri, eğitimli personeli, lojistik kapasitesi ve afet yönetimi deneyimi ile olay yerine en kısa sürede ulaşarak hayat kurtarıcı müdahaleleri gerçekleştirmekte ve sağlık sisteminin işleyişinin sürdürülmesine katkı sağlamaktadır. Bu bölümde UMKE'nin kuruluş amacı, organizasyon yapısı, görev ve sorumlulukları, afet türlerine göre müdahale yaklaşımları ve sahada karşılaşılan güçlükler ele alınmakta; literatür ve saha uygulamaları ışığında etkinliğinin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Ayrıca afetlere hazırlık, eğitim, koordinasyon ve sürdürülebilir kapasite geliştirme açısından UMKE'nin stratejik önemi vurgulanmaktadır.

1. Giriş: Afetler ve Sağlık Sistemleri

Afetler, meydana geldikleri toplumların yalnızca fiziksel altyapısını değil, aynı zamanda sosyal düzenini, ekonomik yapısını ve sağlık sistemlerini derinden etkileyen olağanüstü olaylardır. Deprem, sel, yangın, salgın hastalıklar ve endüstriyel kazalar gibi afetler, kısa sürede çok sayıda insanın yaralanmasına veya yaşamını kaybetmesine neden olmakta; mevcut sağlık hizmetlerinin kapasitesini aşan ani ve yoğun bir sağlık talebi oluşturmaktadır. Bu durum, afetlerin yalnızca acil durumlar değil, aynı zamanda ciddi birer halk sağlığı sorunu olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Afet anlarında sağlık sistemlerinin karşılaştığı en önemli sorunlardan biri, hizmet sunumunun sürekliliğinin sağlanamamasıdır. Sağlık tesislerinin

1 Öğr. Gör., Karabük Üniversitesi, umittopcuoglu@karabuk.edu.tr – 0000-0003-2031-5862

zarar görmesi, personelin afet mağduru hâline gelmesi, ulaşım ve iletişim altyapısının aksaması gibi etkenler, müdahale kapasitesini ciddi biçimde sınırlamaktadır. Bu koşullar altında geleneksel sağlık hizmeti sunum modelleri yetersiz kalmakta ve afetlere özgü, esnek ve sahaya hızlı şekilde uyum sağlayabilen özel sağlık yapılanmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu ihtiyaç doğrultusunda geliştirilen afet tıbbi yaklaşımı, sağlık hizmetlerinin kriz koşullarında nasıl planlanması ve yürütülmesi gerektiğine odaklanmaktadır. Afet tıbbının temel amacı, sınırlı kaynaklarla en fazla sayıda insanın yaşamının kurtarılmasını sağlamak ve uzun vadeli sağlık kayıplarını en aza indirmektir. Bu çerçevede, afet sahasında görev yapan özel sağlık ekipleri, afet yönetiminin sağlık boyutunda merkezi bir rol üstlenmektedir.

Türkiye’de bu rolü üstlenen en önemli yapılardan biri Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri’dir (UMKE). UMKE’ler, afet ve acil durumlarda sağlık hizmetlerinin sahada etkin bir biçimde yürütülmesini sağlamak amacıyla oluşturulmuş, özel eğitilmiş ve donanımlı ekiplerdir. UMKE’nin afet yönetimindeki yeri, yalnızca acil tıbbi müdahale ile sınırlı olmayıp; koordinasyon, triyaj, sevk ve sağlık sisteminin yeniden işler hâle getirilmesi gibi kritik süreçleri de kapsamaktadır.

2. Afet Yönetiminde Sağlık Hizmetlerinin Özellikleri

Afet yönetiminde sağlık hizmetleri, olağan zamanlarda sunulan sağlık hizmetlerinden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Normal koşullarda sağlık hizmetleri planlı, sürdürülebilir ve kurumsal altyapıya dayalı bir biçimde yürütülürken; afet durumlarında belirsizlik, zaman baskısı ve kaynak kısıtlılığı ön plana çıkmaktadır. Bu durum, sağlık hizmetlerinin kriz yönetimi perspektifiyle ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Afet ortamında sağlık hizmetlerinin temel amacı, bireysel tedavi yaklaşımlarından ziyade toplum sağlığını korumaya yönelik hızlı ve etkili müdahalelerin gerçekleştirilmesidir.

Afetlerde sağlık hizmetlerinin en belirgin özelliklerinden biri, hasta sayısının kısa sürede sağlık sisteminin kapasitesini aşmasıdır. Çok sayıda yaralının aynı anda sağlık hizmetine ihtiyaç duyması, mevcut personel ve donanımın yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, sağlık hizmetlerinin önceliklendirilmesini ve kaynakların rasyonel biçimde kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Afet tıbbi yaklaşımı, bu noktada triyaj, hızlı müdahale ve uygun sevk süreçlerini merkeze almaktadır.

Bununla birlikte afetlerde sağlık hizmetlerinin yalnızca tıbbi müdahalelerle sınırlı olmadığı unutulmamalıdır. Afet sahasında sağlık hizmetlerinin yürütülmesi; lojistik destek, iletişim, güvenlik ve kurumlar arası koordinasyon gibi çok sayıda bileşenin bir arada ve uyumlu şekilde

çalışmasını gerektirmektedir. Bu çok boyutlu yapı, afetlerde görev alan sağlık ekiplerinin özel olarak eğitilmesini ve donatılmasını zorunlu hâle getirmektedir.

3. Türkiye’de Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri (UMKE)

Türkiye’de afetlere yönelik sağlık müdahalesinin güçlendirilmesi amacıyla oluşturulan Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri, afet ve acil durumlara özel olarak yapılandırılmış profesyonel sağlık ekipleridir. UMKE’nin kuruluşu, Türkiye’nin geçmişte yaşadığı büyük ölçekli afetlerde ortaya çıkan sağlık hizmeti eksikliklerinden edinilen deneyimlere dayanmaktadır. Bu bağlamda UMKE, afet yönetiminde sağlık hizmetlerinin sahada etkin biçimde sunulmasını amaçlayan kurumsal bir yapı olarak öne çıkmaktadır.

UMKE ekipleri; hekimler, hemşireler, paramedikler, acil tıp teknisyenleri ve diğer sağlık personelinin oluştuğu multidisipliner bir yapıya sahiptir. Ekipler, afet tıbbı, arama-kurtarma destek faaliyetleri, saha organizasyonu ve kriz yönetimi konularında özel eğitimlerden geçirilmektedir. Bu eğitimler, UMKE personelinin olağan sağlık hizmeti sunumundan farklı olarak zorlu saha koşullarında görev yapabilme yetkinliğini kazanmalarını sağlamaktadır.

UMKE’nin temel misyonu, afet bölgesinde ortaya çıkan sağlık ihtiyaçlarına hızlı ve etkili biçimde yanıt vermektir. Bu misyon doğrultusunda UMKE, afet sahasında sağlık hizmetlerinin ilk halkasını oluşturarak, sağlık sisteminin yeniden işler hâle gelmesine katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle UMKE, afet yönetiminin sağlık boyutunda stratejik bir role sahiptir.

4. Afet Sahasında UMKE’nin Rolü

Afet sahasında UMKE’nin rolü, çok boyutlu ve bütüncül bir yapıya sahiptir. UMKE, yalnızca yaralılara müdahale eden bir ekip değil; aynı zamanda afet sahasındaki sağlık hizmetlerinin organizasyonunu sağlayan temel aktörlerden biridir. UMKE’nin afet bölgesine hızlı intikali, sağlık hizmetlerinin gecikmeden başlatılmasını mümkün kılmakta ve can kayıplarının azaltılmasında belirleyici olmaktadır.

UMKE’nin sahadaki en kritik görevlerinden biri triyaj uygulamalarıdır. Trijaj, sınırlı kaynakların en etkin biçimde kullanılabilmesi amacıyla yaralıların tıbbi önceliklerine göre sınıflandırılmasını ifade etmektedir. UMKE personeli tarafından gerçekleştirilen doğru triyaj uygulamaları, acil müdahale gerektiren vakaların önceliklendirilmesini ve tedavi sürecinin düzenli bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır. Triyajın etkin biçimde uygulanmadığı durumlarda, tedavi edilebilir yaralanmaların ağırlaşması ve önlenebilir can kayıplarının artması söz konusu olabilmektedir.

UMKE'nin bir diğer önemli rolü, sağlık hizmetlerinin koordinasyonunu sağlamaktır. Afet sahasında farklı kurum ve birimlerin eş zamanlı olarak görev yapması, koordinasyon eksikliği durumunda ciddi sorunlara yol açabilmektedir. UMKE, Sağlık Bakanlığı, AFAD, 112 Acil Sağlık Hizmetleri ve diğer ilgili kurumlarla iş birliği içerisinde çalışarak sağlık hizmetlerinin bütüncül bir yaklaşımla yürütülmesine katkı sağlamaktadır. Bu koordinasyon, afet müdahalesinin etkinliğini doğrudan etkilemektedir.

Hasta sevk süreçlerinin planlanması da UMKE'nin sahadaki temel sorumlulukları arasında yer almaktadır. Yaralıların sağlık durumlarına uygun merkezlere zamanında sevk edilmesi, hayatta kalma oranlarını artıran önemli bir faktördür. UMKE, sevk zincirini organize ederek sağlık sisteminin afet sonrası dönemde işlevselliğini korumasına katkı sağlamaktadır.

5. UMKE Personeli, Psikososyal Yük ve Sürdürülebilirlik

Afetlerde görev yapan UMKE personeli, yoğun fiziksel ve psikolojik yük altında çalışmaktadır. Uzun süreli görevler, travmatik görüntüler, zaman baskısı ve yüksek sorumluluk duygusu, UMKE personelinin ruhsal dayanıklılığını zorlayan başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Bu durum, afet müdahalesinin yalnızca teknik değil; aynı zamanda insani bir boyutu olduğunu ortaya koymaktadır.

Afet sahasında görev yapan sağlık çalışanlarında tükenmişlik, ikincil travma ve stres bozuklukları görülebilmektedir. Bu psikolojik etkiler, personelin uzun vadeli performansını ve mesleki doyumunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle UMKE personeline yönelik psikososyal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi, afet yönetiminin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Sürdürülebilir bir afet müdahale sistemi için UMKE personelinin düzenli eğitimlerle desteklenmesi, saha deneyimlerinin değerlendirilmesi ve kurumsal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım, UMKE'nin afetlere karşı uzun vadede etkinliğini korumasını sağlayacaktır.

6. Değerlendirme ve Sonuç

Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri, afetlerde sağlık hizmetlerinin hızlı, etkili ve koordineli bir şekilde sunulmasında vazgeçilmez bir role sahiptir. UMKE'nin afet sahasındaki varlığı, can kayıplarının azaltılmasına, yaralıların uygun şekilde tedavi edilmesine ve sağlık sisteminin krizlere karşı dirençli hâle gelmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Afetlerin sıklığı ve etkisinin artacağı öngörüldüğünde, UMKE'nin kurumsal kapasitesinin güçlendirilmesi, personel eğitimlerinin sürekli güncellenmesi ve sağlık sistemine entegrasyonunun artırılması kaçınılmaz bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Afetlere hazırlıklı, güçlü ve sürdürülebilir bir sağlık sistemi için Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri, sağlık hizmetlerinin en kritik yapı taşlarından biri olarak değerlendirilmelidir.

7. Afet Türlerine Göre Ulusal Medikal Kurtarma Ekiplerinin Müdahalesinin Farklılaşması

Afetlerin türü, etkilediği alanın özellikleri ve ortaya çıkardığı sağlık sorunları bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, afetlere müdahale eden sağlık ekiplerinin çalışma yöntemlerini, önceliklerini ve organizasyon biçimlerini doğrudan etkilemektedir. Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri, afet türüne göre esnek ve duruma özgü müdahale stratejileri geliştirmek zorundadır. Bu esneklik, UMKE'nin afet yönetimindeki etkinliğini artıran temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

Deprem gibi ani gelişen ve geniş alanları etkileyen afetlerde UMKE'nin temel önceliği, enkaz altında kalan yaralıları hızlı ulaşım, triyaj uygulamaları ve yaşam kurtarıcı acil müdahalelerdir. Bu tür afetlerde çok sayıda yaralının kısa sürede sağlık hizmetine ihtiyaç duyması, UMKE'nin hızlı organizasyon ve saha koordinasyonu becerilerini ön plana çıkarmaktadır. Enkaz alanlarında çalışmanın beraberinde getirdiği fiziksel riskler ve sınırlı imkânlar, UMKE personelinin özel eğitim ve donanım gereksinimini daha da önemli hâle getirmektedir.

Sel ve su baskınları gibi afetlerde ise UMKE'nin müdahalesi, boğulma vakaları, hipotermi ve enfeksiyon riskleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu tür afetlerde ulaşımın zorlaşması ve hijyen koşullarının bozulması, sağlık hizmetlerinin sunumunu güçleştirmektedir. UMKE, bu durumlarda mobil sağlık hizmetleri sunarak ve geçici sağlık birimleri kurarak afetin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmaktadır.

Yangınlar ve endüstriyel kazalar gibi afetlerde UMKE'nin rolü, yanıklar, solunum yolu yaralanmaları ve toksik madde maruziyetlerine yönelik acil müdahaleleri kapsamaktadır. Bu tür afetlerde personelin kendi güvenliğini sağlaması, kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve risk değerlendirmesi büyük önem taşımaktadır. UMKE'nin farklı afet türlerine göre müdahale yöntemlerini uyarlayabilme kapasitesi, afet yönetiminde etkinliğini artıran kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

8. Uluslararası Afet Sağlık Ekipleri ile UMKE'nin Karşılaştırılması

Afet yönetimi, küresel ölçekte ele alınması gereken bir alan olup, farklı ülkelerde afetlere müdahale eden sağlık ekipleri çeşitli modeller çerçevesinde yapılandırılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından tanımlanan Acil Tıbbi Ekipler (Emergency Medical Teams – EMT), afet ve insani krizlerde sağlık hizmetlerinin standartlara uygun biçimde sunulmasını amaçlamaktadır. Bu ekipler, uluslararası afet müdahalelerinde önemli bir rol üstlenmektedir.

Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri, WHO EMT modeline benzer şekilde afet ve acil durumlara özel olarak yapılandırılmış olsa da, ulusal düzeyde faaliyet göstermesi bakımından farklılık arz etmektedir. UMKE'nin en önemli avantajlarından biri, afet bölgesine çok daha hızlı ulaşabilmesi ve ülkenin sağlık sistemiyle doğrudan entegre çalışabilmesidir. Bu durum, müdahale süresinin kısalmasına ve sağlık hizmetlerinin daha etkin sunulmasına olanak tanımaktadır.

Uluslararası ekipler genellikle büyük ölçekli afetlerde destekleyici bir rol üstlenirken, UMKE afetin ilk anlarından itibaren sahada aktif görev almaktadır. Ayrıca UMKE personelinin ülkenin coğrafi, kültürel ve idari yapısına hâkim olması, saha koşullarına uyum sağlamada önemli bir avantaj sunmaktadır. Bu yönüyle UMKE, Türkiye'nin afetlere müdahale kapasitesinin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

9. Afet Müdahalesinde UMKE' nin Rolünün Güçlendirilmesine Yönelik Değerlendirme

Afetlerde UMKE' nin etkinliğinin artırılması, yalnızca mevcut yapının korunmasıyla değil; aynı zamanda sürekli gelişim ve iyileştirme süreçleriyle mümkündür. Afet türlerinin çeşitlenmesi ve etkilerinin artması, UMKE' nin görev alanlarının ve sorumluluklarının da genişlemesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda UMKE' nin eğitim programlarının güncellenmesi ve saha deneyimlerinin sistematik biçimde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

UMKE' nin rolünün güçlendirilmesi için kurumlar arası iş birliğinin artırılması, lojistik altyapının geliştirilmesi ve personel sayısının ihtiyaçlar doğrultusunda artırılması gerekmektedir. Ayrıca afet öncesi hazırlık çalışmalarında UMKE' nin daha aktif rol alması, müdahale sürecinin etkinliğini artıracaktır. Tatbikatlar ve simülasyon çalışmaları, UMKE personelinin sahadaki performansını geliştiren önemli araçlar arasında yer almaktadır.

Bununla birlikte UMKE personelinin fiziksel ve psikolojik iyilik hâlinin korunması, afet müdahalesinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir konudur. Psikososyal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi ve mesleki tükenmişliğin önlenmesine yönelik politikaların geliştirilmesi, UMKE' nin uzun vadeli etkinliği açısından vazgeçilmezdir.

10. Afet Tıbbi Perspektifinden UMKE'nin Konumlandırılması

Afet tıbbı, olağan sağlık hizmetlerinden farklı olarak kriz koşullarında sağlık hizmetlerinin planlanmasını ve uygulanmasını konu alan disiplinler arası bir alandır. Bu yaklaşımda temel amaç, sınırlı kaynaklarla en fazla sayıda bireyin yaşamını kurtarmak ve uzun vadeli sağlık kayıplarını en aza indirmektir. Afet tıbbı, birey merkezli klinik yaklaşımlardan ziyade toplum sağlığını önceleyen bir bakış açısına sahiptir.

Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri, afet tıbbi yaklaşımının sahadaki en somut uygulayıcıları arasında yer almaktadır. UMKE'nin çalışma biçimi, afet tıbbının temel ilkeleri olan hızlı müdahale, triyaj, koordinasyon ve sevk süreçleriyle doğrudan örtüşmektedir. Bu durum, UMKE'yi yalnızca bir acil müdahale ekibi değil, aynı zamanda afet tıbbının operasyonel bir unsuru hâline getirmektedir.

Afet tıbbi perspektifinden bakıldığında UMKE'nin rolü, afetin ilk anlarından itibaren sağlık sisteminin işlevselliğini yeniden tesis etmeye yönelik stratejik bir işlev taşımaktadır. UMKE, sahada gerçekleştirdiği müdahalelerle sağlık sisteminin kriz koşullarında dahi çalışabilirliğini korumasına katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle UMKE, afet tıbbının temel hedefleriyle bütünleşmiş bir yapı olarak değerlendirilmektedir.

11. Afetlerde UMKE Müdahalelerinin Etik ve Hukuki Boyutu

Afet ortamlarında sağlık hizmetlerinin sunumu, olağan dönemlere kıyasla daha karmaşık etik ve hukuki sorunları beraberinde getirmektedir. Kaynakların sınırlı olduğu, hasta sayısının fazla olduğu ve zaman baskısının yoğun yaşandığı afet koşullarında sağlık çalışanları zor etik kararlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu kararlar, kimin önce tedavi edileceği, hangi müdahalenin önceliklendirileceği ve sevk süreçlerinin nasıl yönetileceği gibi kritik soruları içermektedir.

UMKE personeli, bu etik ikilemlerle sahada doğrudan yüzleşen gruplar arasında yer almaktadır. Triage uygulamaları, afet tıbbının vazgeçilmez bir parçası olmakla birlikte, etik açıdan önemli tartışmaları da beraberinde getirmektedir. UMKE'nin bu süreçte etik ilkelere dayalı, adil ve şeffaf bir

yaklaşım benimsemesi, afet müdahalesinin meşruiyeti açısından büyük önem taşımaktadır.

Hukuki açıdan bakıldığında ise UMKE'nin görev ve sorumlulukları ulusal mevzuat çerçevesinde tanımlanmıştır. Afetlerde görev yapan sağlık personelinin hukuki güvencelerinin sağlanması, görevlerini etkin ve güvenli biçimde yerine getirebilmeleri açısından kritik bir konudur. Bu bağlamda UMKE'nin hukuki statüsü, afet müdahalesinin sürdürülebilirliği açısından önemli bir unsurdur.

12. Afet Sonrası Değerlendirme, Öğrenme ve Kurumsal Hafıza

Afet müdahalelerinin etkinliğinin artırılmasında afet sonrası değerlendirme süreçleri önemli bir yer tutmaktadır. Müdahale sürecinde yaşanan sorunların, başarıların ve eksikliklerin sistematik biçimde analiz edilmesi, gelecekteki afetlere daha hazırlıklı olunmasını sağlamaktadır. Bu süreç, kurumsal öğrenmenin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

UMKE'nin afet sonrası değerlendirme süreçlerine aktif biçimde katılması, saha deneyimlerinin kurumsal hafızaya dönüştürülmesine olanak tanımaktadır. Bu değerlendirmeler sayesinde eğitim programları güncellenmekte, müdahale protokolleri geliştirilmektedir. Bu durum, UMKE'nin zaman içinde daha etkin ve profesyonel bir yapıya kavuşmasını sağlamaktadır.

Kurumsal hafızanın güçlendirilmesi, afet yönetiminde sürdürülebilirliğin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. UMKE'nin afetlerden elde ettiği deneyimlerin sistematik biçimde kayıt altına alınması ve paylaşılması, ulusal afet yönetim kapasitesinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

13. Afetlerde UMKE Modelinin Güçlü ve Sınırlı Yönlerinin Analizi

Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri modeli, afetlerde sağlık hizmetlerinin sahada etkin biçimde sunulmasını amaçlayan önemli bir yapılanma olarak değerlendirilmektedir. UMKE'nin en güçlü yönlerinden biri, afetin ilk anlarından itibaren hızlı biçimde sahaya intikal edebilme kapasitesidir. Ulusal düzeyde örgütlenmiş olması ve ülke genelinde yaygın bir personel ağına sahip bulunması, UMKE'nin müdahale süresini kısaltmakta ve sağlık hizmetlerinin gecikmeden başlatılmasını mümkün kılmaktadır. Bu özellik, özellikle deprem gibi ani gelişen ve geniş alanları etkileyen afetlerde kritik bir avantaj sağlamaktadır.

UMKE'nin güçlü yönleri arasında multidisipliner ekip yapısı da önemli bir yer tutmaktadır. Farklı meslek gruplarından sağlık çalışanlarının aynı ekip içerisinde görev yapması, afet sahasında karşılaşılan çeşitli sağlık sorunlarına bütüncül bir yaklaşımla müdahale edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca UMKE personelinin afet tıbbı ve saha koşullarına yönelik özel eğitimlerden geçirilmesi, müdahale kalitesini artıran bir diğer önemli faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, UMKE'nin yalnızca nicel değil, nitel açıdan da afet müdahalesine katkı sunduğunu göstermektedir.

Bununla birlikte UMKE modelinin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Afetlerin büyüklüğü ve yaygınlığı arttıkça, mevcut personel ve donanım kapasitesinin yetersiz kalabildiği görülmektedir. Özellikle uzun süreli ve çoklu afet senaryolarında UMKE personelinin fiziksel ve psikolojik olarak zorlanması, müdahale etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu durum, UMKE'nin sürdürülebilirliği açısından önemli bir sorun alanı olarak değerlendirilmektedir.

Lojistik destek ve ekipman temini de UMKE'nin karşılaştığı sınırlılıklar arasında yer almaktadır. Afet sahasında sağlık hizmetlerinin etkin biçimde sunulabilmesi için yalnızca nitelikli insan kaynağı değil, aynı zamanda yeterli tıbbi malzeme ve teknik altyapı da gerekmektedir. Lojistik aksaklıklar, UMKE'nin müdahale kapasitesini sınırlayabilmekte ve sağlık hizmetlerinin etkinliğini azaltabilmektedir. Bu nedenle lojistik planlamanın güçlendirilmesi, UMKE'nin etkinliğini artıracak temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

UMKE modelinin geliştirilmesine yönelik olarak uluslararası afet sağlık ekipleriyle deneyim paylaşımının artırılması önemli bir fırsat sunmaktadır. Farklı ülkelerde uygulanan afet müdahale modellerinin incelenmesi ve iyi uygulama örneklerinin UMKE sistemine entegre edilmesi, ulusal afet müdahale kapasitesinin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu tür karşılaştırmalı yaklaşımlar, UMKE'nin güçlü yönlerini pekiştirirken mevcut sınırlılıkların giderilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak UMKE modeli, afetlerde sağlık hizmetlerinin sunumunda güçlü bir kurumsal yapı ortaya koymakla birlikte, sürekli iyileştirme ve geliştirme gerektiren dinamik bir sistemdir. UMKE'nin güçlü ve sınırlı yönlerinin sistematik biçimde analiz edilmesi, afet yönetiminde daha etkin ve sürdürülebilir bir sağlık müdahale sisteminin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Bu analizler, UMKE'nin gelecekteki afetlere daha hazırlıklı ve dirençli bir yapı ile yanıt verebilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

14. Afetlere Hazırlık Politikaları ve UMKE'nin Geleceğine Yönelik Perspektifler

Afetlere hazırlık politikaları, afetlerin meydana gelmeden önce olası etkilerinin azaltulmasını ve müdahale kapasitesinin güçlendirilmesini amaçlayan stratejik yaklaşımları içermektedir. Bu politikalar, yalnızca afet sonrası müdahaleye odaklanmak yerine, risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarını kapsayan bütüncül bir afet yönetimi anlayışına dayanmaktadır. Sağlık hizmetleri, bu sürecin en kritik bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri, afetlere hazırlık politikalarının sağlık boyutundaki en önemli uygulayıcı aktörlerinden biridir. UMKE'nin yalnızca afet anında değil, afet öncesi hazırlık sürecinde de aktif rol üstlenmesi, müdahale kapasitesinin artırılmasına önemli katkı sağlamaktadır. Eğitim faaliyetleri, tatbikatlar ve senaryo temelli uygulamalar, UMKE'nin afetlere hazırlık düzeyini güçlendiren temel araçlar arasında yer almaktadır. Bu tür çalışmalar, ekiplerin sahada karşılaşılabilecekleri farklı durumlara daha etkin biçimde yanıt vermelerini mümkün kılmaktadır.

Gelecekte afetlerin sıklığının ve etkisinin artacağına yönelik öngörüler, UMKE'nin rolünün daha da önem kazanacağını göstermektedir. İklim değişikliği, kentleşme ve teknolojik riskler, afet türlerinin çeşitlenmesine ve karmaşıklığının artmasına neden olmaktadır. Bu durum, UMKE'nin görev alanlarının genişlemesini ve müdahale yöntemlerinin sürekli olarak güncellenmesini zorunlu hâle getirmektedir. Özellikle çoklu afet senaryoları, UMKE'nin organizasyonel esnekliğini ve kurumsal kapasitesini daha da önemli hâle getirmektedir.

UMKE'nin geleceğine yönelik stratejik planlamalarda insan kaynağının güçlendirilmesi öncelikli bir alan olarak ele alınmalıdır. Personel sayısının artırılması, mesleki yeterliliklerin geliştirilmesi ve psikososyal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi, UMKE'nin sürdürülebilirliğini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca teknolojik altyapının geliştirilmesi, dijital haberleşme sistemlerinin ve veri yönetim araçlarının etkin kullanımı, afet müdahalesinin hızını ve doğruluğunu artıracak unsurlar arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak UMKE'nin gelecekteki rolü, yalnızca mevcut yapının korunmasıyla sınırlı değildir. Afetlere hazırlık politikalarıyla bütünleşmiş, sürekli gelişen ve öğrenen bir yapı hâline gelmesi, UMKE'nin etkinliğini artıracaktır. Bu perspektif doğrultusunda UMKE, afet yönetiminin sağlık boyutunda yalnızca müdahale eden değil; aynı zamanda planlayan, hazırlayan ve yön veren bir aktör olarak konumlandırılmalıdır.

Kaynakça

- AFAD. (2020). *Afet yönetimi ve müdahale esasları*. Ankara: T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Alexander, D. E. (2013). Resilience and disaster risk reduction: An etymological journey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(11), 2707–2716.
- Auf der Heide, E. (2006). The importance of evidence-based disaster planning. *Annals of Emergency Medicine*, 47(1), 34–49.
- Benedek, D. M., Fullerton, C., & Ursano, R. J. (2007). First responders: Mental health consequences of natural and human-made disasters. *CNS Spectrums*, 12(1), 67–75.
- Frykberg, E. R. (2005). Medical management of disasters and mass casualties from terrorist bombings: How can we cope? *Journal of Trauma*, 59(3), 658–662.
- Koenig, K. L., & Schultz, C. H. (2010). *Disaster medicine: Comprehensive principles and practices*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Leymann, H. (1996). The content and development of mobbing at work. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 5(2), 165–184. (Not: Afet sonrası psikososyal yük ve ikincil travma bağlamında kullanılmıştır.)
- Salin, D. (2003). Ways of explaining workplace bullying: A review of enabling, motivating and precipitating structures. *Human Relations*, 56(10), 1213–1232. (Not: Kurumsal stres ve örgütsel dayanıklılık bağlamında referans alınmıştır.)
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2014). *Ulusal Medikal Kurtarma Ekipleri (UMKE) görev ve çalışma yönergesi*. Ankara: Sağlık Bakanlığı Yayınları.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2019). *Afet ve acil durumlarda sağlık hizmetleri rehberi*. Ankara: Sağlık Bakanlığı.
- World Health Organization. (2013). *Emergency medical teams: Minimum standards and recommendations*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization. (2017). *Classification and minimum standards for emergency medical teams*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization. (2020). *Health emergency and disaster risk management framework*. Geneva: WHO Press.

Sağlık Çalışanlarında Mobbing ve Performansa Etkisi

Ümit Topcuoğlu¹

Özet

Sağlık kurumları, yoğun iş yükü, hiyerarşik yapı, zaman baskısı ve duygusal olarak zorlayıcı çalışma koşulları nedeniyle mobbing açısından riskli çalışma ortamları arasında yer almaktadır. Sağlık çalışanlarında mobbing; psikolojik, sosyal ve mesleki açıdan önemli sonuçlara yol açarak iş doyumunun azalmasına, motivasyon kaybına, tükenmişlik sendromunun artmasına ve mesleki performansın olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Ayrıca, kurum içi iletişimi zayıflatmakta, ekip iş birliğini bozmakta ve dolaylı olarak sağlık hizmetlerinin kalitesini ve hasta güvenliğini de olumsuz etkilemektedir. Bu bölümde sağlık çalışanlarında mobbingin türleri, nedenleri, bireysel ve kurumsal sonuçları ile performans üzerindeki etkileri ele alınmakta; literatür bulgularına dayalı olarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Bunun yanı sıra mobbingin önlenmesine yönelik kurumsal politikalar, yönetim yaklaşımları ve koruyucu stratejiler tartışılmakta; sağlık çalışanlarının daha güvenli, destekleyici ve üretken bir çalışma ortamına sahip olmaları için öneriler sunulmaktadır. Bu çerçevede çalışma, sağlık kurumlarında mobbinge mücadeleyle yönelik farkındalık oluşturmaya ve performans odaklı sürdürülebilir çözümler geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

1. Giriş

Sağlık sektörü, insan yaşamını doğrudan etkileyen, yüksek sorumluluk ve yoğun dikkat gerektiren bir çalışma alanıdır. Sağlık çalışanları yalnızca mesleki bilgi ve becerilerini değil, aynı zamanda duygusal dayanıklılıklarını da sürekli olarak kullanmak zorundadır. Bu durum, sağlık kurumlarını psikososyal risklerin yoğun yaşandığı çalışma ortamları hâline getirmektedir.

Çalışma ortamında ortaya çıkan psikolojik risklerin başında mobbing gelmektedir. Mobbing, sağlık çalışanlarının mesleki işlevselliğini zayıflatan,

1 Öğr. Gör., Karabük Üniversitesi, umittopcuoglu@karabuk.edu.tr – 0000-0003-2031-5862

ruhsal ve fiziksel sağlıklarını olumsuz etkileyen sistematik bir yıldırma sürecidir. Bu süreç, bireysel düzeyde ciddi sonuçlar doğurmasının yanı sıra, kurumsal işleyişi de derinden etkilemektedir.

Sağlık hizmetlerinin ekip çalışmasına dayalı yapısı göz önünde bulundurulduğunda, çalışanlar arasındaki ilişkilerin niteliği büyük önem taşımaktadır. Güven, saygı ve açık iletişimin olmadığı çalışma ortamlarında hem çalışan performansı hem de hasta bakım kalitesi zarar görmektedir. Bu bağlamda mobbing, yalnızca bireysel bir sorun olarak değil, sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliği açısından da ele alınmalıdır.

Bu bölümde sağlık çalışanlarında mobbing olgusu kapsamlı biçimde ele alınmakta; mobbingin nedenleri, türleri ve etkileri performans, hasta güvenliği ve hizmet kalitesi bağlamında değerlendirilmektedir. Ayrıca mobbingin önlenmesine yönelik kurumsal ve etik yaklaşımlar tartışılmaktadır.

2. Mobbing Kavramı ve Tanımı

Mobbing kavramı, çalışma yaşamında bireyin sistematik ve uzun süreli psikolojik baskıya maruz kalmasını ifade etmektedir. Bu baskı, doğrudan veya dolaylı biçimde gerçekleşebilmekte ve bireyin mesleki kimliğini hedef almaktadır. Mobbingin temel ayırt edici özelliği, süreklilik göstermesi ve kasıtlı olmasıdır.

Mobbing davranışları, açıkça sergilenen hakaret ve tehdit gibi eylemlerle sınırlı değildir. Dışlama, görmezden gelme, yetkilerin azaltılması, sürekli eleştirilme ve mesleki itibarın zedelenmesi gibi dolaylı davranışlar da mobbing kapsamında değerlendirilmektedir. Bu tür davranışlar, çoğu zaman fark edilmesi güç olduğu için uzun süre devam edebilmektedir.

Sağlık kurumlarında mobbing, genellikle yoğun iş temposu ve hiyerarşik yapı ile ilişkilidir. Yetki dağılımının net olmadığı veya denetim mekanizmalarının zayıf olduğu ortamlarda mobbing davranışlarının daha kolay ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durum, mobbingin bireysel özelliklerden ziyade örgütsel yapı ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Mobbingin tanımlanması ve fark edilmesi, önleme ve müdahale süreçlerinin ilk adımını oluşturmaktadır. Bu nedenle sağlık çalışanlarının ve yöneticilerin mobbing konusunda bilgi sahibi olmaları büyük önem taşımaktadır.

3. Sağlık Çalışanlarında Mobbingin Nedenleri

Sağlık çalışanlarında mobbingin ortaya çıkmasında çok sayıda bireysel ve örgütsel faktör etkili olmaktadır. Yoğun iş yükü, personel yetersizliği ve

zaman baskısı, sağlık çalışanlarının stres düzeyini artırarak çatışma ortamlarını beslemektedir. Bu durum, psikolojik şiddet davranışlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmaktadır.

Örgütsel açıdan bakıldığında, adaletsiz yönetim anlayışı ve belirsiz görev tanımları mobbing davranışlarının temel nedenleri arasında yer almaktadır. Çalışanların performanslarının nesnel ölçütlerle değerlendirilmemesi ve yöneticilerin taraflı tutumları, çalışanlar arasında güvensizlik yaratmaktadır.

İletişim kanallarının kapalı olduğu kurumlarda mobbing davranışlarının daha uzun süre devam edebildiği görülmektedir. Çalışanların yaşadıkları sorunları dile getirememeleri, mobbingin görünmez hâle gelmesine neden olmaktadır. Bu durum, psikolojik tacizin kurumsallaşmasına zemin hazırlamaktadır.

Çevresel faktörler de mobbingin ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamaktadır. Sağlık sektörünün sürekli denetim ve beklenti altında olması, çalışanların duygusal yükünü artırmakta ve iş ortamındaki gerilimi derinleştirmektedir.

Sağlık Kurumlarında Mobbing Türleri

Sağlık kurumlarında mobbing davranışları farklı biçimlerde ortaya çıkabilmektedir. Dikey mobbing, yöneticilerin astlara yönelik olarak uyguladığı sistematik baskı ve yıldırma davranışlarını ifade etmektedir. Bu tür mobbing, yetkinin kötüye kullanılması ile doğrudan ilişkilidir.

Yatay mobbing ise aynı statüde çalışanlar arasında görülen psikolojik taciz davranışlarını kapsamaktadır. Rekabet, kıskançlık ve rol çatışmaları yatay mobbingin temel nedenleri arasında yer almaktadır. Özellikle ekip çalışmasının yoğun olduğu sağlık birimlerinde bu tür mobbing davranışlarına sıkça rastlanmaktadır.

Tersine mobbing, ast konumunda bulunan çalışanların yöneticilere yönelik olarak uyguladığı sistematik baskı davranışlarını ifade etmektedir. Bu tür mobbing, örgütsel otoritenin zayıflamasına ve yönetim süreçlerinin aksamasına yol açabilmektedir.

Mobbing türlerinin doğru şekilde tanımlanması, müdahale ve önleme stratejilerinin etkinliğini artırmaktadır. Her mobbing türü, farklı yönetim ve destek mekanizmaları gerektirmektedir.

Mobbingin Psikolojik Etkileri

Mobbing, sağlık çalışanlarının psikolojik sağlığı üzerinde derin, çok boyutlu ve uzun süreli etkiler yaratan ciddi bir işyeri sorunu olarak

değerlendirilmektedir. Sürekli ve sistematik biçimde psikolojik baskıya maruz kalan bireylerde kaygı bozuklukları, depresyon, duygusal tükenmişlik ve kronik stres belirtileri sıklıkla görülmektedir. Sağlık çalışanlarının yüksek sorumluluk ve dikkat gerektiren bir alanda görev yaptıkları dikkate alındığında, bu tür psikolojik etkiler mesleki işlevselliği doğrudan zayıflatmaktadır. Özellikle yoğun bakım, acil servis ve ameliyathane gibi stres düzeyi yüksek birimlerde çalışan bireylerde mobbingin psikolojik sonuçlarının daha ağır seyrettiği bildirilmektedir.

Mobbingin psikolojik etkileri zamanla bireyin benlik algısını ve mesleki kimliğini zedelemektedir. Sürekli eleştirilen, dışlanan veya değersiz hissettirilen sağlık çalışanları, mesleki yeterliliklerinden şüphe duymaya başlayabilmektedir. Bu durum, özgüven kaybı ve kendini yetersiz görme eğilimini artırarak performans düşüşünü derinleştirmektedir. Mesleki kimliğin zedelenmesi, sağlık çalışanlarının işlerine yabancılaşmasına ve mesleki doyumlarının azalmasına neden olmaktadır. Uzun vadede bu süreç, tükenmişlik sendromunun gelişimine zemin hazırlamaktadır.

Uzun süreli mobbing deneyimi, travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) belirtilerinin ortaya çıkmasına da yol açabilmektedir. Çalışanlar, iş ortamını sürekli tehdit içeren bir alan olarak algılamaya başlayarak kaçınma davranışları geliştirmekte, iş yerinden uzak durma ve sosyal geri çekilme eğilimleri göstermektedir. Bu durum, yalnızca iş yaşamını değil, bireyin sosyal ve aile yaşamını da olumsuz etkilemektedir. Sağlık çalışanlarının yaşadığı bu psikolojik yük, zamanla kronikleşerek ruh sağlığı sorunlarının kalıcı hâle gelmesine neden olabilmektedir.

Mobbingin psikolojik etkilerinin artması, sağlık çalışanlarının hasta bakımına yönelik dikkat, özen ve empati düzeylerini de olumsuz etkilemektedir. Psikolojik olarak yıpranmış çalışanların bilişsel dikkatlerinin azalması, karar verme süreçlerinde hatalara yol açabilmektedir. Bu durum, bireysel sağlık sorunlarının ötesinde hasta güvenliği açısından da önemli riskler doğurmaktadır. Dolayısıyla mobbingin psikolojik etkileri, yalnızca çalışan sağlığı açısından değil, sağlık hizmetlerinin güvenliği ve kalitesi açısından da kritik bir sorun alanı olarak ele alınmalıdır.

Psikolojik etkilerin şiddeti, mobbingin süresi, sıklığı ve bireyin algıladığı sosyal destek düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Sosyal destek mekanizmalarının zayıf olduğu kurumlarda mobbingin psikolojik etkilerinin daha ağır seyrettiği görülmektedir. Buna karşılık destekleyici liderlik anlayışının benimsendiği ve açık iletişim kanallarının bulunduğu çalışma ortamlarında, mobbingin psikolojik zararlarının kısmen

azaltılabildiği belirtilmektedir. Bu durum, örgütsel iklimin psikolojik sağlık üzerindeki belirleyici rolünü açıkça ortaya koymaktadır.

Psikolojik Etki	Açıklama
Kaygı Bozuklukları	Sürekli tehdit algısı ve belirsizlik nedeniyle yoğun endişe hali
Depresyon	Umutsuzluk, isteksizlik ve mesleki doyumda azalma
Tükenmişlik Sendromu	Duygusal tükenme, duyarsızlaşma ve kişisel başarı hissinde azalma
Özgüven Kaybı	Mesleki yeterlilikten şüphe duyma
Travma Sonrası Stres Belirtileri	Kaçınma, aşırı tetikte olma ve iş ortamını tehdit olarak algılama

Mobbingin Sağlık Çalışanları Üzerindeki Başlıca Psikolojik Etkileri

Mobbingin Fiziksel ve Sosyal Etkileri

Mobbing, çoğu zaman psikolojik etkileri üzerinden ele alınmakla birlikte, uzun vadede sağlık çalışanlarının fiziksel sağlığı üzerinde de ciddi ve kalıcı sonuçlar doğurmaktadır. Sürekli stres altında çalışmak zorunda kalan bireylerde, otonom sinir sistemi ve endokrin sistemin dengesinin bozulduğu; bu durumun çeşitli fiziksel yakınmalarla kendini gösterdiği belirtilmektedir. Baş ağrısı, kas-iskelet sistemi ağrıları, uyku bozuklukları ve mide-bağırsak sistemi sorunları, mobbing mağduru sağlık çalışanlarında en sık bildirilen fiziksel belirtiler arasında yer almaktadır. Bu tür belirtiler, çoğu zaman altta yatan psikososyal stres faktörleri göz ardı edilerek yalnızca tıbbi semptomlar olarak ele alınabilmektedir.

Uzun süreli ve kronik stresin devam etmesi, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve bireyin enfeksiyonlara karşı direncinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar ve metabolik bozukluklar gibi kronik hastalıkların ortaya çıkma riskinin arttığı ya da mevcut hastalıkların seyrinin ağırlaştığı bildirilmektedir. Sağlık çalışanlarının bu tür fiziksel sorunlar yaşaması, yalnızca bireysel sağlık açısından değil; iş gücü kaybı, performans düşüşü ve sağlık sistemine ek yük getirmesi açısından da önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Mobbingin fiziksel etkileri, çalışanların işe devamlılığını da doğrudan etkilemektedir. Sürekli yorgunluk, uyku düzensizliği ve bedensel ağrılar yaşayan sağlık çalışanlarının devamsızlık oranlarının arttığı görülmektedir. Bu durum, hem bireysel düzeyde mesleki işlevselliği azaltmakta hem de kurumlar açısından hizmet sürekliliğini tehdit etmektedir. Özellikle personel

yetersizliğinin sık yaşandığı sağlık kurumlarında, mobbing kaynaklı iş gücü kayıpları hizmet kalitesini ciddi biçimde zayıflatmaktadır.

Sosyal açıdan bakıldığında, mobbing mağduru sağlık çalışanlarının iş ortamındaki sosyal ilişkilerden giderek uzaklaştığı görülmektedir. Psikolojik baskı ve güvensizlik duygusu, çalışanların ekip arkadaşlarıyla iletişim kurmaktan kaçınmalarına neden olmaktadır. Bu durum, ekip çalışmasının zayıflamasına ve meslektaş dayanışmasının azalmasına yol açmaktadır. Sağlık hizmetlerinin doğası gereği ekip temelli yürütüldüğü düşünüldüğünde, sosyal ilişkilerde yaşanan bu bozulma hizmet sunumunu doğrudan etkilemektedir.

Mobbingin sosyal etkileri yalnızca iş ortamıyla sınırlı kalmamaktadır. İş yerinde yaşanan olumsuz deneyimler, bireyin aile ve sosyal yaşamına da yansımaktadır. Sosyal geri çekilme, yalnızlaşma ve duygusal kopukluk gibi belirtiler, mobbing mağdurlarında sıkça gözlemlenmektedir. Bu sosyal izolasyon, bireyin stresle başa çıkma kapasitesini azaltmakta ve psikolojik etkilerin daha da derinleşmesine neden olmaktadır.

Sonuç olarak mobbingin fiziksel ve sosyal etkileri, birbirini besleyen ve güçlendiren bir döngü oluşturmaktadır. Fiziksel sağlık sorunları sosyal ilişkileri zayıflatmakta, sosyal izolasyon ise psikolojik ve fiziksel belirtileri ağırlaştırmaktadır. Bu durum, mobbingin yalnızca bireysel bir sorun değil; çok boyutlu bir sağlık ve örgüt sorunu olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Fiziksel Etki	Açıklama
Baş ve kas ağrıları	Sürekli kas gerginliği ve stres kaynaklı ağrılar
Uyku bozuklukları	Uykusuzluk, sık uyanma ve dinlenememe
Gastrointestinal sorunlar	Mide ağrısı, gastrit, irritabl bağırsak belirtileri
Bağışıklık sistemi zayıflığı	Sık enfeksiyon geçirme
Kronik hastalık riski	Hipertansiyon, kalp-damar hastalıklarında artış

Mobbingin Sağlık Çalışanları Üzerindeki Fiziksel Etkileri

Sağlık Çalışanlarında Performans Kavramı

Performans, genel anlamda çalışanın kendisine verilen görevleri belirlenen hedefler doğrultusunda etkin, verimli ve kaliteli bir biçimde yerine getirme düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Ancak sağlık sektörü söz konusu olduğunda performans kavramı, diğer sektörlerden farklı olarak çok boyutlu bir yapı sergilemektedir. Sağlık çalışanlarının performansı, yalnızca bireysel

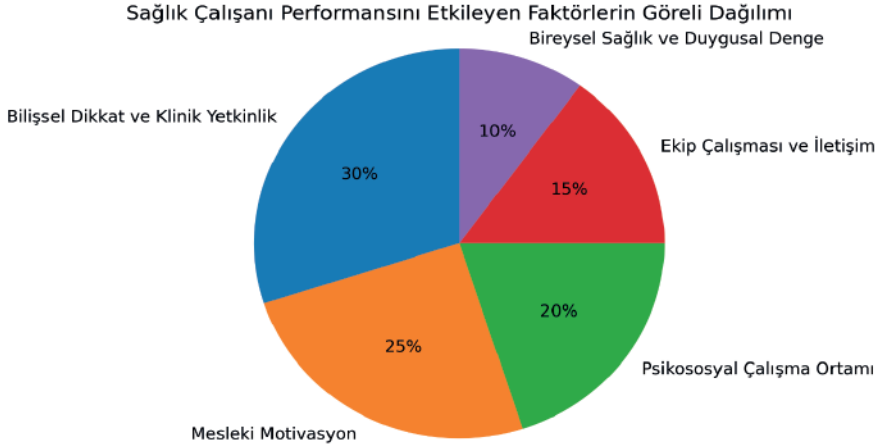
üretkenlik ya da iş miktarı ile sınırlı olmayıp; hasta güvenliği, hizmet kalitesi, etik sorumluluklar ve ekip çalışması gibi unsurlarla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle sağlık sektöründe performans, nicel çıktılardan ziyade nitel sonuçlar üzerinden değerlendirilmesi gereken bir kavramdır.

Sağlık çalışanlarının performansı, bilişsel, duygusal ve motivasyonel birçok faktörün etkileşimi sonucunda şekillenmektedir. Bilişsel dikkat ve karar verme becerileri, özellikle klinik uygulamalarda hayati öneme sahiptir. Aynı zamanda duygusal denge ve stresle başa çıkma kapasitesi, çalışanların performansını doğrudan etkilemektedir. Yüksek stres altında çalışan bireylerde dikkat dağınıklığı ve hata yapma riski artmakta, bu durum hasta güvenliğini tehdit eden sonuçlar doğurabilmektedir.

Mesleki motivasyon, sağlık çalışanlarının performansının sürdürülebilirliği açısından temel belirleyicilerden biridir. Çalışanların mesleklerine yönelik anlam ve değer algıları, iş doyumları ve kuruma olan bağlılıkları performans düzeylerini doğrudan etkilemektedir. Destekleyici bir çalışma ortamında görev yapan sağlık çalışanlarının mesleki motivasyonlarının daha yüksek olduğu; buna karşılık psikolojik baskı, adaletsizlik ve güvensizlik ortamlarında motivasyonun hızla düştüğü görülmektedir. Bu durum, performansın yalnızca bireysel çaba ile açıklanamayacağını ortaya koymaktadır.

Performansın değerlendirilmesinde ekip çalışması da önemli bir yer tutmaktadır. Sağlık hizmetleri, disiplinler arası iş birliği gerektiren karmaşık bir süreçtir. Hekim, hemşire ve diğer sağlık personelinin uyum içinde çalışması, hizmet kalitesinin ve hasta güvenliğinin temelini oluşturmaktadır. Ekip içi iletişimin zayıfladığı ve çatışmaların arttığı ortamlarda bireysel performans yüksek olsa dahi, genel hizmet performansının olumsuz etkilendiği görülmektedir.

Psikososyal çalışma ortamı, sağlık çalışanlarının performansını şekillendiren en önemli çevresel faktörlerden biridir. Güven, saygı ve adalet algısının hâkim olduğu kurumlarda çalışanların potansiyellerini daha rahat ortaya koyabildikleri belirtilmektedir. Buna karşılık psikolojik baskı, mobbing ve güvensizlik ortamı, çalışanların yaratıcılığını ve problem çözme becerilerini sınırlandırmaktadır. Bu bağlamda performans, bireysel özelliklerin yanı sıra örgütsel iklimin bir yansıması olarak değerlendirilmelidir.



Mobbingin Çalışan Performansı Üzerindeki Etkileri

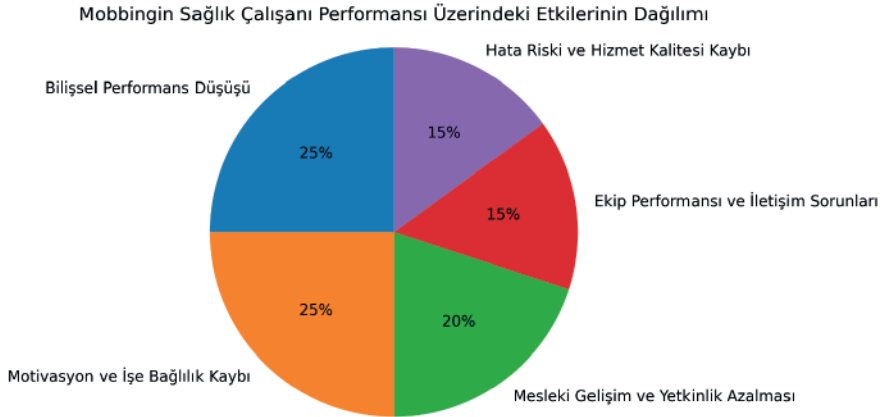
Mobbing, sağlık çalışanlarının performansını çok boyutlu ve derin biçimde olumsuz etkileyen önemli bir örgütsel sorundur. Psikolojik baskı ve yıldırma davranışlarına maruz kalan çalışanlarda bilişsel işlevlerde bozulma, dikkat dağınıklığı ve karar verme süreçlerinde yavaşlama sıkça görülmektedir. Sağlık hizmetlerinin yüksek dikkat ve hızlı karar alma gerektiren yapısı göz önünde bulundurulduğunda, bu tür bilişsel zayıflamalar klinik uygulamalarda ciddi riskler doğurmaktadır. Özellikle tanı koyma, tedavi planlama ve acil müdahale süreçlerinde yapılan hataların artmasında mobbingin dolaylı etkileri önemli rol oynamaktadır.

Mobbingin performans üzerindeki en belirgin etkilerinden biri de mesleki motivasyon ve işe bağlılık düzeyinde yaşanan azalmadır. Psikolojik olarak baskı altında hisseden çalışanlar, yaptıkları işin anlamına ve değerine yönelik algılarını kaybetmeye başlamaktadır. Bu durum, çalışanların kuruma olan bağlılıklarını zayıflatmakta ve mesleki sorumluluk bilincinde aşınmaya yol açmaktadır. Motivasyonu düşen sağlık çalışanlarının, yalnızca asgari görevleri yerine getirme eğilimi gösterdikleri ve gönüllü katkılarının azaldığı görülmektedir.

Mobbing, ekip temelli yürütülen sağlık hizmetlerinde performansı yalnızca bireysel düzeyde değil, ekip düzeyinde de olumsuz etkilemektedir. Güvensizlik, iletişim kopuklukları ve çatışmalar, ekip içi iş birliğini zayıflatmaktadır. Ekip üyeleri arasında koordinasyonun bozulması, hizmet sunumunda aksamalara ve hasta bakım süreçlerinde düzensizliklere neden olmaktadır. Bu durum, sağlık kurumlarında genel hizmet performansının düşmesine yol açmaktadır.

Mobbingin uzun vadeli etkileri, sağlık çalışanlarının mesleki gelişim süreçlerini de olumsuz etkilemektedir. Psikolojik baskıya maruz kalan çalışanlar, eğitim ve gelişim fırsatlarından uzaklaşmakta veya bu fırsatlara katılmak konusunda isteksiz davranmaktadır. Sürekli stres altında çalışan bireyler, mesleki bilgi ve becerilerini güncelleme konusunda gerekli enerjiyi ve motivasyonu bulamamaktadır. Bu durum, mesleki yetkinliklerin zaman içinde azalmasına ve performans düşüşünün kalıcı hâle gelmesine neden olmaktadır.

Performans üzerindeki bu olumsuz etkiler, sağlık kurumlarının kurumsal verimliliğini ve sürdürülebilirliğini de tehdit etmektedir. Mobbingin yol açtığı performans kayıpları, iş gücü devri oranlarının artmasına, devamsızlıkların çoğalmasına ve hizmet kalitesinde düşüşe neden olmaktadır. Dolayısıyla mobbing, yalnızca bireysel performans sorunu değil; kurumsal düzeyde stratejik bir risk faktörü olarak ele alınmalıdır.



Mobbing, Hasta Güvenliği ve Hizmet Kalitesi

Sağlık çalışanlarının maruz kaldığı mobbing davranışları, hasta bakım kalitesi üzerinde doğrudan ve dolaylı olmak üzere çok boyutlu olumsuz etkilere yol açmaktadır. Psikolojik baskı altında çalışan sağlık personelinin dikkat, konsantrasyon ve karar verme süreçlerinde bozulmalar meydana gelmekte; bu durum, klinik uygulamalarda hata riskini artırmaktadır. Sağlık hizmetlerinin doğası gereği yüksek dikkat ve koordinasyon gerektirdiği göz önünde bulundurulduğunda, mobbingin hasta bakım süreçlerinde ciddi aksamalara neden olduğu görülmektedir.

Mobbing ortamlarında iletişim kanallarının zayıflaması, ekip içi uyumu ve iş birliğini olumsuz etkilemektedir. Sağlık hizmetleri, disiplinler arası ekip çalışmasına dayalı bir yapı sergilediğinden, ekip üyeleri arasındaki iletişim

kopuklukları hizmet sunumunun etkinliğini azaltmaktadır. Güvensizlik ve çatışma ortamı, ekip üyelerinin birbirleriyle bilgi paylaşmaktan kaçınmasına ve koordinasyonun bozulmasına yol açmaktadır. Bu durum, hasta bakım süreçlerinde sürekliliğin ve bütüncülüğün kaybolmasına neden olmaktadır.

Hasta güvenliği, sağlık kurumlarında hataların açıkça raporlanabildiği, çalışanların kendilerini psikolojik olarak güvende hissettikleri ve cezalandırıcı olmayan bir kültürün benimsendiği ortamlarda sağlanabilmektedir. Ancak mobbingin yaygın olduğu kurumlarda çalışanlar, hata bildiriminde bulunmaktan kaçınmakta ve savunmacı davranışlar geliştirmektedir. Bu durum, sağlık hizmetlerinde öğrenme kültürünün zayıflamasına ve sistem hatalarının tekrarlanmasına yol açmaktadır.

Mobbingin hasta güvenliği üzerindeki etkileri yalnızca bireysel hata riski ile sınırlı değildir. Güvenlik kültürünün zayıflaması, kurum genelinde risk farkındalığının azalmasına ve güvenli uygulamaların sürdürülebilirliğinin bozulmasına neden olmaktadır. Sağlık çalışanlarının kendilerini değersiz ve güvensiz hissettikleri çalışma ortamlarında, hasta güvenliğine yönelik sorumluluk bilincinin de aşındığı görülmektedir. Bu durum, sağlık kurumlarında hasta güvenliğinin ciddi biçimde tehlikeye girmesine yol açmaktadır.

Uzun vadede mobbingin hasta bakım kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri, sağlık hizmetlerinin toplumsal güvenilirliğini de zedelemektedir. Hasta memnuniyetinin azalması, hizmet kalitesine yönelik olumsuz algıların güçlenmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda mobbing, yalnızca çalışan sağlığını değil, sağlık sisteminin bütününe etkileyen kritik bir sorun alanı olarak değerlendirilmelidir.

Etki Alanı	Açıklama
İletişim	Ekip içi iletişimde kopukluk ve bilgi paylaşımında azalma
Klinik Hatalar	Dikkat dağınıklığı ve karar verme güçlüğü nedeniyle artan hata riski
Hata Bildirimi	Çalışanların cezalandırılma korkusuyla hata bildiriminden kaçınması
Güvenlik Kültürü	Açık, öğrenmeye dayalı güvenlik kültürünün zayıflaması
Hasta Memnuniyeti	Hizmet kalitesinde düşüşe bağlı olarak memnuniyetin azalması

Sağlık Kurumlarında Mobbingin Önlenmesi

Sağlık kurumlarında mobbingin önlenmesi, yalnızca bireysel farkındalık düzeyinde alınacak önlemlerle sınırlı kalmaması gereken, kurumsal ve sistematik bir yaklaşımı zorunlu kılan bir süreçtir. Mobbing, çoğu zaman örgütsel yapıların ve yönetim anlayışlarının bir sonucu olarak ortaya çıktığından, önleme stratejilerinin de bu yapıları hedef alması gerekmektedir. Bu bağlamda mobbingin önlenmesi, sağlık kurumlarının kurumsal sorumluluk alanları arasında değerlendirilmelidir.

Kurumsal düzeyde alınabilecek önlemlerin başında açık ve şeffaf bir yönetim anlayışının benimsenmesi gelmektedir. Görev tanımlarının net biçimde belirlenmesi, performans değerlendirme süreçlerinin objektif ölçütlere dayandırılması ve çalışanlara yönelik ayrımcı uygulamaların önlenmesi, mobbing riskini azaltan temel unsurlar arasında yer almaktadır. Adalet algısının güçlendirilmesi, çalışanların kuruma olan güvenini artırarak psikolojik taciz davranışlarının önüne geçilmesine katkı sağlamaktadır.

Eğitim ve farkındalık çalışmaları, mobbingin önlenmesinde önemli bir diğer araçtır. Sağlık çalışanlarının mobbing davranışlarını tanıyabilmeleri, bu davranışların sınırlarını ayırt edebilmeleri ve haklarını bilmeleri, erken müdahale açısından büyük önem taşımaktadır. Düzenli olarak gerçekleştirilen hizmet içi eğitimler, hem çalışanların hem de yöneticilerin bu konuda bilinçlenmesini sağlamaktadır.

Ayrıca güvenli başvuru ve destek mekanizmalarının oluşturulması, mobbing ile mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Çalışanların herhangi bir misilleme korkusu yaşamadan yaşadıkları sorunları bildirebilecekleri bağımsız ve gizliliği esas alan sistemlerin kurulması, mobbing davranışlarının görünür hâle gelmesini sağlamaktadır. Bu tür mekanizmalar, mobbingin erken aşamada tespit edilmesine ve etkili biçimde müdahale edilmesine olanak tanımaktadır.

Sağlık Kurumlarında Mobbingin Hukuki ve Etik Boyutu

Sağlık çalışanlarına yönelik mobbing, yalnızca bireysel bir etik ihlal değil, aynı zamanda hukuki sonuçları olan ciddi bir çalışma yaşamı sorunudur. Çalışanların güvenli, saygılı ve sağlıklı bir çalışma ortamında görev yapma hakkı, ulusal ve uluslararası mevzuatla güvence altına alınmıştır. Bu nedenle mobbing davranışları, iş hukuku ve insan hakları bağlamında değerlendirilmesi gereken ihlaller arasında yer almaktadır.

Hukuki açıdan bakıldığında, sağlık kurumlarının çalışanlarını psikolojik tacizden koruma yükümlülüğü bulunmaktadır. İşverenin bu yükümlülüğü yerine getirmemesi durumunda, hem idari hem de hukuki yaptırımlar söz

konusu olabilmektedir. Mobbing mağdurlarının hukuki yollara başvurusu, bireysel hakların korunmasının yanı sıra kurumların sorumluluk bilincinin artmasına da katkı sağlamaktadır.

Etik boyut ise mobbingin insan onuruna aykırı bir davranış olmasıyla doğrudan ilişkilidir. Sağlık hizmetlerinin temelinde insan yaşamına ve onuruna saygı ilkesi yer almaktadır. Bu ilkenin, yalnızca hastalara yönelik değil, aynı zamanda sağlık çalışanlarına yönelik olarak da geçerli olması gerekmektedir. Mobbing davranışlarının görmezden gelinmesi veya normalleştirilmesi, sağlık kurumlarının etik bütünlüğünü zedelemektedir.

Hukuki ve etik boyutların birlikte ele alınması, mobbing ile mücadelenin etkinliğini artırmaktadır. Yalnızca yasal düzenlemelerle sınırlı kalan yaklaşımlar yeterli olmamakta; etik değerlerin kurum kültürüne yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda etik liderlik anlayışı, sağlık kurumlarında mobbingin önlenmesinde temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Genel Değerlendirme ve Sonuç

Sağlık çalışanlarında mobbing, bireysel düzeyde başlayan ancak örgütsel ve toplumsal boyutları olan çok yönlü bir sorun alanıdır. Bu bölümde ele alınan bulgular, mobbing davranışlarının sağlık çalışanlarının psikolojik, fiziksel ve sosyal sağlıklarını ciddi biçimde tehdit ettiğini ortaya koymaktadır. Mobbingin uzun vadeli etkileri, yalnızca çalışanları değil, sağlık hizmetlerinin bütününe etkilemektedir.

Mobbing davranışlarının çalışan performansı üzerindeki olumsuz etkileri, sağlık kurumlarının hizmet sunum kapasitesini doğrudan zayıflatmaktadır. Motivasyonu azalan, tükenmişlik yaşayan ve kendini güvende hissetmeyen çalışanların kaliteli ve güvenli sağlık hizmeti sunmaları güçleşmektedir. Bu durum, hasta güvenliği ve hizmet kalitesi açısından ciddi riskler oluşturmaktadır.

Sağlık kurumlarında mobbing ile mücadele, yalnızca bireysel başa çıkma stratejileriyle sınırlı kalmamalıdır. Kurumsal politikalar, etik liderlik anlayışı ve etkili denetim mekanizmalarıyla desteklenen bütüncül yaklaşımlar geliştirilmelidir. Çalışanların haklarını koruyan ve psikososyal iyilik hâlini önceleyen kurum kültürleri, mobbingin önlenmesinde temel bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, sağlıklı çalışanların kaliteli sağlık hizmetinin vazgeçilmez bir unsuru olduğu gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, mobbing ile mücadele sağlık sisteminin güçlendirilmesinde stratejik bir öneme sahiptir. Sağlık kurumlarının bu konuda sorumluluk üstlenmesi ve sürdürülebilir politikalar geliştirmesi hem çalışan refahının hem de toplum sağlığının korunmasına katkı sunacaktır.

Kaynakça

- Einarsen, S., Hoel, H., Zapf, D., & Cooper, C. L. (2011). *Bullying and harassment in the workplace: Developments in theory, research, and practice*. Boca Raton: CRC Press.
- Einarsen, S., & Raknes, B. I. (1997). Harassment in the workplace and the victimization of men. *Violence and Victims*, 12(3), 247–263.
- Hoel, H., & Cooper, C. L. (2000). Destructive conflict and bullying at work. Manchester: Manchester School of Management.
- Leymann, H. (1996). The content and development of mobbing at work. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 5(2), 165–184.
- Maslach, C., Schaufeli, W. B., & Leiter, M. P. (2001). Job burnout. *Annual Review of Psychology*, 52, 397–422.
- Nielsen, M. B., & Einarsen, S. (2012). Outcomes of exposure to workplace bullying: A meta-analytic review. *Work & Stress*, 26(4), 309–332.
- Reason, J. (2000). Human error: Models and management. *BMJ*, 320(7237), 768–770.
- Salin, D. (2003). Ways of explaining workplace bullying: A review of enabling, motivating and precipitating structures and processes. *Human Relations*, 56(10), 1213–1232.
- Schaufeli, W. B., & Bakker, A. B. (2004). Job demands, job resources, and their relationship with burnout and engagement. *Journal of Organizational Behavior*, 25(3), 293–315.
- World Health Organization. (2009). *Patient safety curriculum guide*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization. (2017). *Patient safety: Making health care safer*. Geneva: WHO Press.
- Zapf, D., & Einarsen, S. (2001). Bullying in the workplace: Recent trends in research and practice. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 10(1), 63–101.

Yüzeyel Venöz Tromboflebitte Güncel Yaklaşımlar

Yasin Özden¹

Özet

Yüzeyel venöz tromboflebit hem birinci basamak sağlık hizmetlerinde hem de kalp ve damar cerrahisi polikliniklerinde sık başvuru nedeni olan bir hastalıktır. Hastalık genellikle bir üst basamağa sevk edilmeden ayaktan tedavi ve takip edilebilir. Dolayısıyla her basamakta çalışan sağlık çalışanları tarafından tanı ve tedavinin bilinmesi önemlidir. Hastalar genellikle üst ekstremiteye oranla daha fazla alt ekstremitede yüzeyel venöz tromboflebit ile başvurur. Tromboflebit olan bölgede ağrı, kızarıklık, ödem, ven tırasesi boyunca ele gelen şişlik, endurasyon ve lokal ısı artışı şikayetleri mevcuttur. Fizik muayenede ele gelen sicim benzeri tromboze ven ve çevresinde enflamasyon bulguları bu hastalar açısından tipiktir. Tanı için çoğu zaman sadece fizik muayene yeterli olmakla birlikte doppler ultrasonografi en sık kullanılan ve altın standart tanı yöntemidir. Tedavisi hastalığın ve hastanın tromboemboli riskine göre basamak tedavisi şeklindedir. Tüm basamaklarda ekstremit eleasyonu, soğuk kompres, non-steroid antienflamatuar ilaç ve kompresyon tedavisi uygulanır. Antikoagülasyon tedavisi hastanın tromboemboli riskine göre dozu ve süresi belirlenir.

1. Hastalık Tanımı

Tanım olarak flebit, bir toplardamardaki enflamasyonu; tromboz ise damarda pıhtı oluşumunu ifade eder. Yüzeyel venöz tromboflebit (SVT) denildiğinde ise bu her iki durumun birlikte yüzeyel venlerin tutulumu olduğu anlaşılır. Alt ekstremitede Vena Safena Magna (VSM), Vena Safena Parva (VSP), aksesuar safen venleri ile diğer tüm vücuttaki yüzeyel toplardamarlar bu tanımın kapsamına girer.¹ Meme bölgesinde genellikle girişimsel işlemler sonucu bazen de travma ve sıkı giysiler giyilmesi sonucu görülen yüzeyel tromboflebit Mondor Hastalığı olarak tanımlanır. SVT genellikle iyi huylu

1 Dr. Öğr. Üyesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi İstanbul Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi

bir hastalık olarak kabul edilir. Ancak yapılan bazı çalışmalarda yüzde 40'lara varan oranda Derin Ven Trombozu (DVT) ile korelasyon gösterilmiş, bunun ile birlikte korele DVT si olan bazı vakalarda sekonder Pulmoner Emboli (PE) ile birlikteliği de görülmüştür.² SVT kadınlarda erkeklere kıyasla daha sık görülür. Bu duruma kadınlardaki hormonal durumuna bağlı tromboza yatkınlık durumu düşünülebilir.³ Bu hastalık yaş sınırı olmadan her yaşta görülebilmekle beraber kadın cinsiyette erkeklere oranla daha ileri yaşlarda saptanmıştır.⁴ SVT hem kalp ve damar cerrahisi polikliniğine hem de birinci basamakta sağlık merkezlerine sık başvuru yapılan bir hastalıktır. Hastalık genellikle bir üst basamağa sevk edilmeden ayakta tedavi ve takip edilebilir. Dolayısıyla her basamakta çalışan sağlık çalışanları tarafından tanı ve tedavinin bilinmesi önemlidir. Literatürde hastalıkla ilgili bildirilmiş insidans çalışma azdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bazı insidans çalışmalarda yıllık vaka sayısı 125000 olarak saptanmıştır.⁵

2. Klinik Tablo ve Risk Faktörleri

SVT sıklıkla alt ekstremité yüzeyel venlerinde görülmek ile birlikte vücuttaki tüm yüzeyel venlerde oluşabilir. Üst ekstremité SVT'lerine sıklıkla damar yolu açılması gibi üst ekstremité venöz sisteme kateterizasyon işlemleri sonrası gelişen sekonder enflamasyon neden olur. Yine tedavi amaçlı yapılan skleroterapi sonrası da hastalarda SVT görülebilmektedir. Hastaların çoğunda ağrı, kızarıklık, ödem, ven tırasesı boyunca ele gelen şişlik, endurasyon ve lokal ısı artışı şikayetleri mevcuttur. Fizik muayenede ele gelen sicim benzeri tromboze ven ve çevresinde enflamasyon bulguları bu hastalar açısından tipiktir. Anamnezinde hastaların venöz kateterizasyon öyküsü, geçirilmiş tromboflebit, yüzeyel venöz tromboz (YVT) ya da DVT öyküsü ve özellikle alt ekstremité SVT'lerinde ayaklarda mantar enfeksiyonu ve fissür bulunması önemlidir. Lokal ısı artışı bulunmakla birlikte sistemik ateş nadirdir. Süpüratif tromboflebitlerde fluktuasyon ya da pürülan akıntı görülebilir. Hastalığa yol açan en büyük predispozan risk faktörü kişide variköz venlerin bulunmasıdır (alt ekstremité için %90).⁶ Hiç bir tetikleyici başka bir sebep olmasa dahi variköz vendeki staz sonucu oluşacak enflamasyon buna yol açabilir. Diğer en önemli faktörlerden biri de genetik mutasyonlardır. Özellikle Faktör V Leiden ve Protein C mutasyonu olan hastalar SVT, YVT ve DVT açısından risk altındadır. Bunun yanında sigara, aşırı kilo, yaş, immobilité ve geçirilmiş SVT, YVT ve DVT öyküsü diğer predispozan faktörlerdir.⁷ Kadınlarda gebelik dönemi artan trombosit sayısı ve azalan fibrinolitik aktivite nedeniyle özellikle gebeliğin ilk 6 haftasında artmış SVT tabloları açısından risk taşır.⁸

3. Tanı

SVT tanısı için hastanın şikayetleri ve hekimin uyguladığı fizik muayene genellikle yeterli olur. Fakat DVT, PE gibi ek patolojilerin varlığı ve SVT'nin proksimalde safenofemoral ve safenopopliteal junctiona olan yakınlığı, trombüs varlığında trombüsün uzunluğu ve ek hastalıkların oluşturabileceği riskler ve tedavi planı açısından ileri tetkik ve tahlil yöntemleri gerekir. SVT tanısı, enflamasyon - trombüs varlığı ve eşlik eden DVT'nin olup olmadığı açısından doppler ultrasonografi (USG) altın standart tanı yöntemidir. Yine SVT olmasa dahi variköz venlerin mevcudiyetinde ve bunların YVT açısından takibinde, SVT hastaların tedavi takibinde USG kullanılır. Ek patoloji görülmeyen SVT hastalarında genellikle daha ileri bir görüntüleme yöntemi gerekmez. USG' de ven duvarında kalınlaşma ve perivenöz sıvı koleksiyonu tipiktir.¹ Her SVT'li hastada USG'de trombüs görülmeyebilir. Ama trombüs görülen hastalarda trombüsün derin venöz sistem bileşkelerine yakınlığı tedavi stratejisi açısından çok önemlidir. Zira bu bölgelere 3 cm'den daha yakın trombüsler ve 5 cm'den uzun trombüsler DVT kliniği benzeri tedavi algoritması geliştirilmelidir.⁴ Bu durumdaki hastalarda ve konkomitant DVT eşlik eden hastalarda D-Dimer düzeyi tanı ve takip için önemli bir belirteçtir. Yine enfeksiyöz bulguları gösteren USG'de genellikle dokular arasında serbest hava oluşumu ile karakterize enfeksiyöz ve süperatif SVT'lerde tanı ve tedavi takibinde CRP, sedimantasyon, beyaz küre artışı ve benzeri akut faz reaktan takipleri yapılır.

4. Tedavi

Tedavi algoritması geliştirirken hastanın tromboemboli riskine 3 risk kategorisine ayrılır. Bunun için lüminal trombozun varlığı, uzunluğu, trombüsün derin venöz sistemlere yakınlığı, tromboz olan damarın vücuttaki konumu ve eşlik eden DVT ya da PE tablosunun olup olmamasına bakılır. Yine rekürren SVT, YVT, DVT ya da PE bir başka risk belirleme parametresidir.

Bunların dışında hasta hangi risk kategorisinde olursa olsun tedavinin ilk basamağı ekstremitte elevasyonu, soğuk kompres, non-steroid antienflamatuar ilaçlar (NSAİD) ve kompresyon tedavisidir. NSAİD aralarında herhangi bir üstünlük gösterilmemiştir. Ibuprofen, diklofenak ve ketoprofen kullanılabilir.⁹ Variköz venleri bulunanlarda venoaktif ilaçlar kullanılabilir.¹⁰

a. Hafif tromboemboli riski olan hastalar: Bu kategoridekiler; enfeksiyon ve tromboz olmadan sadece enflamasyon sonucu flebit görülen hastalar, aksiyel venlerde 5 cm'den daha kısa tromboz olan hastalar, derin

venöz bileşkelere uzak tutulum olan hastalar, diz altı aksiyel ven tutulumu olan hastalar ve derin venöz sistemde tutulum olmayan hastalardır.

Tedavide; ilk basamak tedavi yeterlidir, antikoagülasyon gereksinimi yoktur.¹³

b. Orta tromboemboli riski olan hastalar: 5 cm'den uzun trombüsü olan, derin venöz sisteme 3-5 cm yakınlıkta VSM ve VSP tutulumu olan, diz üstü aksiyel ven tutulumu olan ama DVT olmayan ve hafif tromboemboli riskli gibi değerlendirilip medikal tedavi ile kliniği progrese olan hastalar bu kategoride değerlendirilir.

Tedavide; ilk basamak tedaviye ek olarak venöz tromboemboli açısından profilaktik dozda antikoagülan kullanımı uygundur. Antikogülan tedavide 2.5 mg fondaparinux subkutan ve ya rivaroksaban 10 mg yapılan çalışmalarda^{11,12} en uygun tedavi olarak bulunmuş ve birbirlerine anlamlı bir üstünlük bulunmamaktadır. (Öneri düzeyi: 1-B)¹³ Bunların dışında düşük molekül ağırlıklı heparin alternatif olarak düşünülebilir.^{14,15} (Öneri düzeyi 2-B)¹³ Antikoagülan tedaviye hastanın kliniği de göz önüne alınarak ortalama 45 gün devam edilmesi önerilir.¹⁶

c. Yüksek tromboemboli riski olan hastalar: Daha önce geçirilmiş DVT, PE olan hastalar, VSM ve VSP deki trombüsün derin venöz sisteme 3 cm'den daha yakın tutulumu olan hastalar, perforatör ven tutulumu olan hastalar, profilaktik antikoagülan tedaviye rağmen trombüs yükü artan hastalar, antikoagülasyon kesildiğinde rekürren SVT geçiren hastalar, genetik açıdan trombofiliye yatkınlığı bulunan hastalar bu kategoride değerlendirilir.

Tedavide; ilk basamakta yapılması gerek tüm tedavilere ek olarak yüksek venöz tromboemboli risk açısından terapötik doz antikoagülan kullanmak gerekir.¹⁷ (Öneri düzeyi: 1-C)¹³ Bu risk kategorisindeki hastalarda antikoagülan tedaviye 3 ay süreyle devam edilmesi önerilir.¹⁵

Her 3 kategorideki hastalarda yüzeyel ven yetmezliğini ortadan kaldırmak için girişimsel işlem yapılması düşünülen hastalar son SVT atağından 3 ay sonrasına işlem planlanmalıdır. Bu süre zarfında hastalar gerekli ise uygun antikoagülan dozlarını işlem zamanına kadar alabilirler. Bu hastalara cerrahi, endovasküler ve skleroterapi yöntemlerinden herhangi birisi uygulanabilir.¹

Kaynaklar

1. Kalender M, Dönmez K. Yüzeyel tromboflebit tedavisi. Venöz Tromboembolide Güncelleme ed; Tankut Akay, İstanbul Tıp Kitapevleri. 2021; 26-32.
2. Bounameaux H, Reber-Wasem MA. Superficial thrombophlebitis and deep vein thrombosis. A controversial association. Arch Intern Med. 1997 Sep 8;157(16):1822-4.
3. Nguyen AT, Tepper NK, Gold H, Ramer S, Curtis KM, Whiteman MK. Safety of contraception among women using anticoagulant therapy: an updated systematic review. Contraception. 2025 Oct 31:111276.
4. Lutter KS, Kerr TM, Roedersheimer LR, Lohr JM, Sampson MG, Cranley JJ. Superficial thrombophlebitis diagnosed by duplex scanning. Surgery. 1991 Jul;110(1):42-6.
5. DeWeese MS. Nonoperative treatment of acute superficial thrombophlebitis and deep femoral venous thrombosis. In: Ernst CB, Stanley JC, eds. Current therapy in vascular surgery. Philadelphia: BC Decker Inc. 1991; 952-960.
6. De Maeseneer MG, Thrombosis Guidelines Group of the Belgian on, Thrombosis and Haemostasis, Belgian Working Group on Angiology. Superficial thrombophlebitis of the lower limb: practical recommendations for diagnosis and treatment. Acta Chir Belg 2005; 105: 145. 15. McColl MD.
7. Milio G, Siragusa S, Minà C, Amato C, Corrado E, Grimaudo S, Novo S. Superficial venous thrombosis: prevalence of common genetic risk factors and their role on spreading to deep veins. Thromb Res. 2008;123(2):194-9.
8. McColl MD, Ramsay JE, Tait RC, Walker ID, McCall F, Conkie JA, Carty MJ, Greer IA. Superficial vein thrombosis: incidence in association with pregnancy and prevalence of thrombophilic defects. Thromb Haemost. 1998 Apr;79(4):741-2.
9. Ferrari E, Pratesi C, Scaricabarozzi I. A comparison of nimesulide and diclofenac in the treatment of acute superficial thrombophlebitis. Drugs. 1993;46 Suppl 1:197-9.
10. Di Nisio M, Wichers IM, Middeldorp S. Treatment for superficial thrombophlebitis of the leg. Cochrane Database Syst Rev. 2018 Feb 25;2(2):CD004982.
11. Decousus H, Prandoni P, Mismetti P, Bauersachs RM, Boda Z, Brenner B, Laporte S, Matyas L, Middeldorp S, Sokurenko G, Leizorovicz A; CALISTO Study Group. Fondaparinux for the treatment of superficial-vein thrombosis in the legs. N Engl J Med. 2010 Sep 23;363(13):1222-32.
12. Beyer-Westendorf J, Schellong SM, Gerlach H, Rabe E, Weitz JI, Jersemann K, Sahin K, Bauersachs R; SURPRISE investigators. Prevention of thromboembolic complications in patients with superficial-vein thrombosis given

- rivaroxaban or fondaparinux: the open-label, randomised, non-inferiority SURPRISE phase 3b trial. *Lancet Haematol.* 2017 Mar;4(3):e105-e113.
13. Bozkurt AK, editör. *Periferik Arter ve Ven Hastalıkları - Ulusal Tedavi Kılavuzu* . 2021. İstanbul Bayçınar Tıbbi Yayıncılık. 2021; 318.
 14. Beyer-Westendorf J, Schellong SM, Gerlach H, Rabe E, Weitz JI, Jersemann K, Sahin K, Bauersachs R; SURPRISE investigators. Prevention of thromboembolic complications in patients with superficial-vein thrombosis given rivaroxaban or fondaparinux: the open-label, randomised, non-inferiority SURPRISE phase 3b trial. *Lancet Haematol.* 2017 Mar;4(3):e105-e113.
 15. Nikolakopoulos KM, Kakkos SK, Papageorgopoulou CP, Tsolakis IA. Extended-Duration Treatment of Superficial Vein Thrombosis of the Lower Limbs with Tinzaparin. *Vasc Specialist Int.* 2018 Mar;34(1):1-9.
 16. Duffett L, Kearon C, Rodger M, Carrier M. Treatment of Superficial Vein Thrombosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Thromb Haemost.* 2019 Mar;119(3):479-489.
 17. Hokusai-VTE Investigators; Büller HR, Décousus H, Grosso MA, Mercuri M, Middeldorp S, Prins MH, Raskob GE, Schellong SM, Schwocho L, Segers A, Shi M, Verhamme P, Wells P. Edoxaban versus warfarin for the treatment of symptomatic venous thromboembolism. *N Engl J Med.* 2013 Oct 10;369(15):1406-15.

Robotic Nursing in Elderly Care: AI-Supported Systems, Theoretical Frameworks, and Clinical Applications

Zehra Güveren¹

Gül Bülbul Maraş²

Abstract

Global population ageing is increasing demand for long-term care and placing growing pressure on nursing services worldwide. Projections from the United Nations and the World Health Organization indicate that the proportion of older adults will continue to rise, with care needs expanding faster than the healthcare workforce. Accordingly, gerontechnology, robotics, and artificial intelligence (AI)–supported solutions have become increasingly prominent as approaches to supporting care delivery, alleviating nursing workload, and improving the quality and safety of care. Robotic nursing is informed by person-centered and relationship-based frameworks for technology-mediated care, namely Nursing as Caring, Technological Competency as Caring in Nursing, and the Transactive Relationship Theory. Current applications indicate that robotic and AI-supported systems are being implemented across a broad range of domains, including surgical support, direct care, monitoring, logistics, and clinical decision-making. Technologies such as the Da Vinci surgical system, Robear/RIBA, Cody, Veebot, robotic medication dispensing and transport systems, Telenoid, and Atacan exemplify the diverse ways in which these systems are applied in clinical and care settings. Socially assistive robots—both humanoid and animal-like—have also been explored for their potential to reduce loneliness and social isolation among older adults. Nevertheless, privacy and ethical concerns, user acceptance, technical limitations, and potential reductions in

- 1 Zehra GÜVEREN; Republic of Türkiye Ministry of Health, Buca No. 12 Fırat Family Health Center, İzmir/Türkiye; ORCID ID: 0000-0002-5144-4977; z.guveren36@gmail.com
- 2 Gül BÜLBÜL MARAŞ; İzmir Demokrasi University, Vocational School of Health Service, Department of Health Care Services, Elderly Care Program, İzmir/Türkiye; ORCID ID: 0000-0001-6357-4085; gul.bulbulmaras@idu.edu.tr

human interaction remain key challenges. Overall, robotic and AI-supported systems should be conceptualized not as replacements for nursing care, but as complementary tools that strengthen person-centered nursing practice.

1. Introduction

According to the population projections of the United Nations (UN), the global population reached approximately 8.2 billion in 2024, with an estimated 833 million people aged 65 years and older. Accordingly, older adults constitute about 10.2% of the world's total population. The countries with the highest proportions of older adults are Monaco (36.2%), Japan (29.8%), and Italy (24.6), respectively. Türkiye ranks 75th among 194 countries, with an older population proportion of 10.2% (Republic of Türkiye Ministry of Family and Social Services, 2023; TURKSTAT, 2025).

In Türkiye, life expectancy at birth for the period 2021–2023 was calculated as 77.3 years, with 74.7 years for men and 80.0 years for women (TURKSTAT, 2025). According to UN population projections, the global average life expectancy at birth for the period 2020–2025 is 73.2 years (UN, 2022). The World Health Organization projects that the proportion of individuals aged 60 years and older will nearly double, increasing from 12% to approximately 22% between 2015 and 2050 (WHO, 2025). This demographic transition results in the care-dependent older population growing more rapidly than the healthcare workforce, thereby exerting substantial pressure on health systems (Bemelmans et al., 2012).

The increasing older population necessitates the restructuring of healthcare services and the organization of elderly care, requiring nursing practice to adapt to changing care needs. Ageing is associated with multidimensional challenges at both individual and societal levels. Older adults face social challenges (neglect, isolation, loneliness), financial difficulties (low income, inadequate insurance coverage), psychological problems (depression, dementia, insomnia), and physiological impairments (muscle weakness, bone fragility, gait disorders) (Christoforou et al., 2020).

Access to timely, high-quality, and safe healthcare services for older adults is recognized as a fundamental human right (Bayer et al., 2019). The growing burden of chronic diseases and functional decline increases the demand for long-term care, prompting health systems to seek innovative, technology-based solutions (Annear et al., 2016). Contemporary approaches to elderly care, aligned with models that support ageing in place, aim to provide both physical and emotional support through robotic systems and modern technologies (Christoforou et al., 2020). The use of technology and artificial

intelligence (AI) in diagnostic, therapeutic, and care processes has gained increasing importance due to its potential to reduce workload and support care delivery (Tüfekçi et al., 2017).

Rapid advances in robotic systems offer significant opportunities to maintain and enhance the quality of elderly care in the context of limited institutional and workforce capacity. The term “robot” originates from the Czech word *robota*, meaning forced labor, and is defined by Merriam-Webster as a machine capable of carrying out complex actions automatically (Murphy, 2019; Merriam-Webster, 2023). The first use of robots in healthcare dates back to 1985, when they were employed to assist with biopsy procedures in neurosurgery, accelerating ethical and technological debates surrounding robotics in medicine (Elgazzar, 1985; Asimov et al., 1978; Ayres & Miller, 1982; Maalouf et al., 2018).

Today, robotic systems are applied across a wide range of domains in elderly care, including surgery, monitoring, rehabilitation, activities of daily living, and social support. Robots are reported to contribute to increased service capacity, improved care quality, cost-effectiveness, and enhanced care experiences (Bemelmans et al., 2012). Developments in robotic nursing enable nurses to devote more time to direct patient care, while telemedicine, robot-assisted surgery, and remote monitoring have become increasingly visible in elderly care settings (Christoforou et al., 2020; Khan et al., 2020; Zhao et al., 2022a; Şendir et al., 2019).

Robotic systems used in elderly care support older adults in maintaining independence and autonomy, allowing them to live longer in their own homes, while also reducing caregiver workload and enabling remote monitoring by family members (Salvini, 2015). Nevertheless, the literature highlights potential risks, including increased social isolation, reduced human-centered care interactions, and excessive dependence on robotic technologies (Maalouf et al., 2018).

2. Theories of Robotic Nursing in Elderly Care

With the increasing use of technology in elderly health and nursing care, the number of robotic systems and AI-supported devices has grown, and humanoid robots have assumed a more visible role in care processes. In response, theoretical approaches have been developed within nursing and related health disciplines (Soriano et al., 2022). In this chapter, care robots, healthcare robots, and humanoid robots used in nursing care are addressed under a unified conceptual framework. Nursing as Caring (Boykin & Schoenhofer), Technological Competency as Caring in Nursing (Locsin),

and the Transactive Relationship Theory (Tanioka) constitute the primary theoretical frameworks that conceptualize technology-supported care from a human-centered perspective (Boykin & Schoenhofer, 2015; Pepito & Locsin, 2019; Locsin & Ito, 2018; Şendir et al., 2019).

These theoretical frameworks guide the understanding of the roles of technology, AI, and healthcare robots in the delivery of nursing care to older adults (Salvini, 2015). Based on the International Organization for Standardization's ISO 8373 robotic terminology, robots and robotic systems used in nursing can be defined as systems composed of mechanical, electrical, and control components, operated by trained professionals in healthcare settings, and interacting directly with patients, nurses, physicians, and other health professionals (ISO, 2021). Christoforou et al. (2020) suggest that care robots may function as "additional healthcare workers" in hospitals, long-term care facilities, and home settings by undertaking physically demanding and logistical tasks, addressing issues such as loneliness and inactivity, and performing routine activities including vital sign monitoring.

Evidence indicates that AI applications in nursing support the secure recording and management of health data and that delegating certain routine nursing tasks to robotic systems allows nurses to focus more effectively on complex care processes (Locsin & Ito, 2018; Şendir et al., 2019). Such applications are emphasized as enhancing care quality by increasing the time nurses can dedicate to older adults, individuals with disabilities, and those requiring specialized care.

Tanioka et al. (2017) introduced the concepts of healthcare robots, humanoid nursing robots, and humanoid care robots, and evaluated the potential roles of humanoid nursing robot systems (HNRS) (Tanioka et al., 2017; Tanioka, 2019). The Transactive Relationship Theory in Nursing (TRETON) has been applied to explain interactions between humanoid robots and older adults, particularly those with cognitive impairments such as dementia and Alzheimer's disease (Tanioka, 2017). Studies report that effective human-robot interaction can be achieved with HNRS and that these systems have the potential to collaborate with humans in nursing care. Randomized controlled trials further indicate that older adults with preserved physical and cognitive function can perform upper extremity exercises guided by robots, resulting in improvements in quality of life (Tanioka, 2017; Tanioka, 2019). These theoretical approaches provide a conceptual foundation for integrating robotic nursing into care processes, while the technologies used in practice represent the operational manifestation of this framework.

3. Robotic Systems Developed with Artificial Intelligence

In elderly health services and nursing care, robotic systems and AI-supported technologies are increasingly utilized. These systems, employed in surgical, caregiving, logistical, monitoring, and decision-support processes, aim to enhance the effectiveness of nursing care and reduce care burden. Examples include the Da Vinci Surgical System, Robear, RIBA, Cody, Veebot, robotic medication dispensing systems, TUG, Swisslog RoboCourier, Google DeepMind Health, CareSkore, Sentrian, Telenoid, and Atacan (Pepito & Locsin, 2019; Gümüş & Uysal Kasap, 2021; Zhao et al., 2022b; Şendir et al., 2019; Wiederhold, 2017; Alvarez et al., 2018; Jeelani et al., 2015; Kohn et al., 2017).

The Da Vinci Surgical System (2000) supports precision in surgical procedures while indirectly influencing nursing workflows in operating rooms. Care-oriented robots such as Robear (2015) and RIBA (2009) assist with physically demanding tasks, including patient lifting and mobilization. Cody (2010) was developed for personal care activities such as bed bathing. Veebot (2010) supports venous access procedures and has demonstrated a certain level of accuracy in technology assessment studies. Robotic medication dispensing systems (2006) promote safe medication administration by supporting the principles of the right patient, right time, right medication, and right dose (Gümüş & Uysal Kasap, 2021). TUG robots (2015) and Swisslog RoboCourier (2013) contribute to logistical processes by transporting medical supplies and medications (Pepito & Locsin, 2019; Şendir et al., 2019).

Google DeepMind Health (2018) represents AI systems designed to monitor patient status, evaluate care processes, and identify gaps in hospital care. CareSkore (2017) integrates clinical and sociodemographic data to support preventive care decisions, while Sentrian (2012) focuses on early detection and remote monitoring through biosensor data (Gümüş & Uysal Kasap, 2021; Pepito & Locsin, 2019; Şendir et al., 2019). Telenoid (2010) is equipped with AI for remote communication with individuals with dementia and Alzheimer's disease (Kuwamura et al., 2016). In Türkiye, the nursing robot Atacan (2020) contributed to nursing care by performing tasks such as food and medication delivery, vital sign measurement, and educational support during the COVID-19 pandemic, reducing staff exposure and infection risk (Pepito & Locsin, 2019; Şendir et al., 2019; Zhao et al., 2022b). Beyond clinical and logistical applications, social interaction and communication constitute a critical dimension of elderly care.

4. Assistive Robots Used for Social Adaptation and Communication

The potential of robots to communicate with humans and facilitate social interaction has been demonstrated through various approaches. Zhakypov et al. (2019), inspired by ant behavior and communication models, developed small-scale robots and showed that specific patterns of social behavior could potentially be encoded into robots for future care processes. Similarly, Nishio et al. (2021) reported that “twin robots” enabled long-term (Zhakypov et al., 2019), conversation-based interactions with older adults and could provide a form of social support (Nishio et al., 2021).

In addition to clinically and logistically oriented robotic applications, the social and communicative dimensions of elderly care have become increasingly prominent. Particularly among older adults at risk of dementia, Alzheimer’s disease, and social isolation, interaction-based robotic systems are emphasized as potentially supportive of psychosocial well-being. Social robots developed for this purpose aim not only to assist with physical care, but also to support emotional needs and sustain care processes in a human-centered manner.

Telenoid is a representative example of a socially interactive robot, designed with a minimal humanoid appearance and remote communication capabilities to engage older adults. Studies indicate that robots such as Telenoid may facilitate communication in older adults experiencing cognitive decline, elicit emotional responses, and function as a supportive tool enhancing the caregiver–care recipient relationship (Kuwamura et al., 2016). Likewise, the nursing robot Atacan, developed in Türkiye, reduced nursing workload through basic care and logistical support functions and contributed to infection prevention during the COVID-19 period by limiting patient–healthcare worker contact (Şendir et al., 2019; Zhao et al., 2022b).

Animal-like robots designed to support socialization and communication also occupy an important place in the literature. Robots such as Mero, Paro, AIBO, Furby, and NeCoRo are reported to reduce loneliness and stress by fostering social bonding among older adults (Bradwell et al., 2019; Chang et al., 2013; Kim et al., 2015; Šabanović & Chang, 2016; Shishehgar et al., 2018; Wada & Shibata, 2006; Zhang et al., 2024). However, some robots, such as Pleo, have been reported to have limitations in meeting all care needs in long-term care contexts; therefore, their use should be evaluated carefully with respect to setting and intended outcomes (Tulsulkar et al., 2021; Gümüş & Uysal Kasap, 2021).

Overall, these findings suggest that socially interactive robots are not intended to replace nursing care, but rather to support human–human interaction and serve as complementary tools within care processes. Utilizing robotic systems within this supportive framework is critical for the sustainable and human-centered integration of robotic nursing in elderly care.

5. Humanoid Robots Used in Healthcare Delivery and Elderly Care

Humanoid robots have been developed with diverse functions to support physical well-being, monitor vital signs, enhance independence, and strengthen social interaction in older adults (Tulsulkar et al., 2021; Gümüş & Uysal Kasap, 2021; Christoforou et al., 2020; Zhao et al., 2022a; Şendir et al., 2019). These robots can be broadly categorized into three functional domains: (1) support for activities of daily living and safety, (2) physical activity guidance and health monitoring, and (3) social interaction and psychosocial support.

5.1. Support for Activities of Daily Living, Safety, and Care

Humanoid robots such as Pearl, Silbot, Hobbit, Lio, Kompaï, TIAGo, and Matilda are designed to support safe and independent living within older adults' living environments. Their functions include assisting with daily routines, reducing fall risk, environmental monitoring, and supporting basic care needs (Fischinger et al., 2016; Khosla & Chu, 2013; Mišeikis et al., 2020; Coşar et al., 2020; Martinez-Martin et al., 2020; Pu et al., 2019).

5.2. Physical Activity, Exercise, and Health Monitoring

Robots such as Nao, Zora, and Kompaï accompany older adults during physical activity and provide exercise guidance. Studies involving the Nao robot report increased participation in physical exercise and improvements in certain vital parameters (Shen & Wu, 2016; Cespedes et al., 2020). The Zora robot has been positively received by both care staff and older adults in physical activity interventions and demonstrates potential for social use as well (Huisman & Kort, 2019; Melkas et al., 2020). In addition to providing physical support, robots in this category may also reduce caregiver workload.

5.3. Social Interaction and Psychosocial Support

Humanoid robots such as Pepper, Buddy, CommU, Robovie, and Nadine are designed to engage older adults to promote social participation and psychosocial well-being. Pepper has been reported to encourage socialization among individuals requiring psychosocial support, including those with dementia and schizophrenia, and to distinguish interactive communication (Miyagawa et al., 2019; Betriana et al., 2022). Studies using CommU indicate that conversation-based interaction may support mental health (Tulsulkar et al., 2021). AI-enabled Robovie has been reported to increase perceived social support in elderly care settings, although no clear improvements in cognitive functioning were observed (Sabelli et al., 2011; Karunarathne et al., 2019). Nadine, through facial expression recognition and speech synthesis, has been reported to support positive affect and contribute to reduced workload among care home staff (Tulsulkar et al., 2021).

In general, humanoid robots in elderly care function as complementary tools rather than replacements for nursing care, providing physical, social, and psychosocial support. Nevertheless, broader implementation requires careful consideration of ethical issues, technical constraints, and user acceptance.

6. Challenges and Unresolved Issues

Despite technological advances, the use of humanoid and assistive robots in nursing care for ageing populations involves substantial challenges. Chief among these is the level of acceptance by older adults. Evidence suggests that older adults' attitudes and perceptions directly influence the success of integrating robots into care processes (Sifeng et al., 2016; Nishio et al., 2021; Soriano et al., 2022).

Robots' capacity to learn, store, and process personal data raises concerns regarding privacy protection and potential ethical violations. In particular, the use of robotic systems in older adults' homes or long-term care facilities may generate a feeling of constant surveillance, negatively affecting psychological well-being and engagement in care processes (Christoforou et al., 2020; Mudd et al., 2020).

Another major challenge limiting widespread implementation is the ability of robotic systems and AI-supported systems to operate effectively in crowded and dynamic care environments. Robots used in hospitals, nursing homes, and home settings may not consistently meet technical requirements such as spatial perception, localization, and safe navigation (Ramdani et al.,

2019). Moreover, robots' physical and social design may lead older adults to form unrealistic expectations regarding robot capabilities, increasing the risk of disappointment and distrust (Feil-Seifer & Matarić, 2011; Christoforou et al., 2020; Tulsulkar et al., 2021).

To fulfill their assigned roles, robots may require a certain degree of autonomy; however, this can also imply that control is not always fully in the hands of older adults. Therefore, obtaining informed consent, ensuring transparency of control mechanisms, and carefully evaluating ethical frameworks are essential (Brożek & Jakubiec, 2017; Abbott et al., 2019).

Human–robot interaction is a key determinant of the success of robotic nursing applications. Three main barriers have been identified: physical limitations restricting mobility, communication difficulties that impede information exchange, and cognitive decline that negatively affects information processing (Abbott et al., 2019). When effective and safe interaction cannot be established, the expected contribution of robots to care is likely to remain limited.

A further challenge concerns nurses' acceptance and adoption of these technologies. Some nurses may view the incorporation of robots into care processes as potentially weakening the humanistic dimension of care. Debates about whether robots can replace human nurses persist, partly due to limited high-level evidence regarding clinical outcomes (Mudd et al., 2020; Soriano et al., 2022).

In this context, further scientific evidence is needed regarding how nurses can guide the selection and use of robotic systems for vulnerable populations, and under what conditions—and to what extent—robotic applications affect nursing care and patient outcomes (Locsin et al., 2018). Addressing these challenges in an integrated manner, encompassing ethical, technical, and human factors, is essential for ensuring that robotic nursing applications in elderly care are safe, acceptable, and sustainable.

7. Conclusion

The continued growth of the older population necessitates a reassessment of the scope of healthcare services, models of elderly care, nursing practice, and health policy. This demographic transformation strengthens the need for innovative, technology-based solutions to sustainably improve the quality of elderly care. Robotics and modern technologies support active ageing by enabling both physical and emotional support for older adults and may contribute to reducing care dependency.

AI and robotic nursing applications are gaining increasing importance in healthcare services to enhance the effectiveness of diagnostic, therapeutic, and care processes, reduce workforce burden, and support care safety. Effective and safe implementation requires strong collaboration between engineering disciplines and health professionals. The active involvement of nurses and physicians in the design, implementation, and evaluation of robotic systems will facilitate the development of solutions that are aligned with clinical needs and feasible in practice.

In the broader adoption of robotic nursing, ethical, legal, and human dimensions must not be overlooked. Nurse researchers have a responsibility to evaluate the effects of robotic systems on care processes in accordance with ethical principles and, when necessary, to guide, restrict, or redesign the use of these technologies. Future studies should examine the safety, functionality, and user acceptance of robots in elderly care in greater depth, and such systems should be developed using interdisciplinary approaches.

Overall, the integration of robotic and AI-supported systems into elderly care should be conceptualized not as a replacement for nursing care, but as a complementary approach that strengthens and supports nursing practice. Structuring human–robot–health professional interaction in an ethical, safe, and human-centered manner remains a fundamental requirement for the sustainable and effective implementation of robotic nursing.

References

1. United Nations. (2022). *World population to reach 8 billion this year; as growth rate slows*. United Nations News. Retrieved January 3, 2025, from <https://news.un.org/en/story/2022/07/1122272>
2. Republic of Türkiye, Ministry of Family and Social Services. (2023). *Disability and elderly statistical bulletin 2023*. Retrieved December 12, 2025, from https://www.aile.gov.tr/media/130921/eyhgm_istatistik_bulteni_ocak_23.pdf
3. Turkish Statistical Institute. (2025). *Statistics on older persons, 2024*. Retrieved December 15, 2025, from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Yaslilar-2024-54079>
4. World Health Organization. (2025). *Ageing and health*. Retrieved December 18, 2025, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
5. Bemelmans, R., Gelderblom, G. J., Jonker, P., & De Witte, L. (2012). Socially assistive robots in elderly care: a systematic review into effects and effectiveness. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13(2), 114-120.
6. Christoforou, E. G., Avgousti, S., Ramdani, N., Novales, C., & Panayides, A. S. (2020). The upcoming role for nursing and assistive robotics: Opportunities and challenges ahead. *Frontiers in Digital Health*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2020.585656>
7. Bayer, E., Kuyrukçu, A. N., & Akbaş, S. (2019). Evaluation of digital hospital practices from the perspective of hospital employees and executives: The case of a state hospital. *Journal of Academic Researches and Studies*, 11(21), 123-138. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/861765>
8. Annear, M. J., Otani, J., & Sun, J. (2016). Experiences of Japanese aged care: the pursuit of optimal health and cultural engagement. *Age and Ageing*, 45(6), 753-756. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw144>
9. Tüfekçi, N., Yorulmaz, R., & Cansever, İ. H. (2017). Digital hospital. *Journal of Current Researches on Health Sector*, 7(2), 144-156. https://doi.org/10.26579/jocrehes_7.2.12
10. Murphy, R. R. (2019). *Introduction to AI robotics* (2nd ed.). MIT Press, London.
11. Merriam-Webster. (2023). Robot. In *Merriam-Webster.com dictionary*. Retrieved June 3, 2025, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot>
12. Elgazzar, S. (1985). Efficient kinematic transformations for the PUMA 560 robot. *IEEE Journal on Robotics and Automation*, 1(3), 142-151.

13. Ayres, R., & Miller, S. (1982). Industrial robots on the line. *The Journal of Epsilon Pi Tau*, 8(2), 2-10.
14. Maalouf, N., Sidaoui, A., Elhajj, I. H., & Asmar, D. (2018). Robotics in nursing: a scoping review. *Journal of Nursing Scholarship*, 50(6), 590-600. <https://doi.org/10.1111/jnu.12424>
15. Khan, S. H., Xu, C., Purpura, R., Durrani, S., Lindroth, H., Wang, S., Gao, S., Heiderscheit, A., Chlan, L., Boustani, M., & Khan, B. A. (2020). *Decreasing delirium through music: A randomized pilot trial*. *American Journal of Critical Care*, 29(2), e31-e38. <https://doi.org/10.4037/ajcc2020175>
16. Miyagawa, M., Yasuhara, Y., Tanioka, T., Locsin, R., Kongsuwan, W., Cantangui, E., & Matsumoto, K. (2019). The optimization of humanoid robot's dialog in improving communication between humanoid robot and older adults. *Intelligent Control and Automation*, 10(3), 118-127.
17. Zhao, Y. C., Zhao, M., & Song, S. (2022a). Online health information seeking behaviors among older adults: systematic scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(2), e34790. <https://doi.org/10.2196/34790>
18. Şendir, M., Şimşekoglu, N., Kaya, A., & Sümer, K. (2019). Geleceğin teknolojisinde hemşirelik. *Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hemşirelik Dergisi*, 1(3), 209-214.
19. Salvini, P. (2015). On Ethical, Legal and Social Issues of Care Robots. In: Mohammed, S., Moreno, J., Kong, K., Amirat, Y. (eds) *Intelligent Assistive Robots*. Springer Tracts in Advanced Robotics, vol 106. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12922-8_17
20. International Organization for Standardization. (2021). *ISO 8373:2021 Robotics — Vocabulary*. Retrieved November 10, 2025, from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-3:v1:en>
21. Soriano, G. P., Yasuhara, Y., Ito, H., Matsumoto, K., Osaka, K., Kai, Y., & Tanioka, T. (2022). Robots and robotics in nursing. *Healthcare*, 10(8), 1571. <https://doi.org/10.3390/healthcare10081571>
22. Boykin, A., & Schoenhofer, S. O. (2015). Theory of nursing as caring. *Nursing Theories and Nursing Practice*, 341-356.
23. Pepito, J. A., & Locsin, R. (2019). Can nurses remain relevant in a technologically advanced future?. *International Journal of Nursing Sciences*, 6(1), 106-110.
24. Locsin, R. C., & Ito, H. (2018). Can humanoid nurse robots replace human nurses. *Journal of Nursing*, 5(1), 1-6.
25. Tanioka, T. (2017). The development of the transactive relationship theory of nursing (TRETON): a nursing engagement model for persons and humanoid nursing robots. *International Journal of Nursing & Clinical Practices*, 4(1), 1-8. <https://doi.org/10.15344/2394-4978/2017/223>

26. Tanioka, T. (2019). Nursing and rehabilitative care of the elderly using humanoid robots. *The Journal of Medical Investigation*, 66(1.2), 19-23.
27. Gümüş, E., & Uysal Kasap, E. (2021). Hemşirelik mesleğinin geleceği: robot hemşireler. *Journal of Artificial Intelligence in Health Sciences*, 1(2), 20-25.
28. Zhao, Z., Ma, Y., Mushtaq, A., Rajper, A. M. A., Shehab, M., Heybourne, A., ... & Tse, Z. T. H. (2022b). Applications of robotics, artificial intelligence, and digital technologies during COVID-19: a review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 16(4), 1634-1644.
29. Wiederhold, B. K. (2017). Robotic Technology Remains a Necessary Part of Healthcare's Future Editorial. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 20(9), 511-512.
30. Alvarez, J., Campos, G., Enríquez, V., Miranda, A., Rodriguez, F., & Ponce, H. (2018, November). Nurse-bot: a robot system applied to medical assistance. In *2018 International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE)*, Cuernavaca. Retrieved July 23, 2025, from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8743137>
31. Jeelani, S., Dany, A., Anand, B., Vandana, S., Maheswaran, T., & Rajkumar, E. (2015). Robotics and medicine: A scientific rainbow in hospital. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 7(2), 381-383. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.163460>
32. Kohn, M. S., Haggard, J., Kreindler, J., Birkeland, K., Kedan, I., Zimmer, R., & Khandwalla, R. (2017). Implementation of a home monitoring system for heart failure patients: a feasibility study. *JMIR Research Protocols*, 6(3), 1-8 <https://doi.org/10.2196/resprot.5744>
33. Kuwamura, K., Nishio, S., & Sato, S. (2016). Can we talk through a robot as if face-to-face? Long-term fieldwork using teleoperated robot for seniors with Alzheimer's disease. *Frontiers in Psychology*, 7, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01066>
34. Zhakypov, Z., Mori, K., Hosoda, K., & Paik, J. (2019). Designing minimal and scalable insect-inspired multi-locomotion millirobots. *Nature*, 571(7765), 381-386.
35. Nishio, T., Yoshikawa, Y., Iio, T., Chiba, M., Asami, T., Isoda, Y., & Ishiguro, H. (2021). Actively listening twin robots for long-duration conversation with the elderly. *ROBOMECH Journal*, 8(1), 1-10.
36. Kim, G. H., Jeon, S., Im, K., Kwon, H., Lee, B. H., Kim, G. Y., ... & Na, D. L. (2015). Structural brain changes after traditional and robot-assisted multi-domain cognitive training in community-dwelling healthy elderly. *PloS one*, 10(4), e0123251.
37. Wada, K., & Shibata, T. (2006). Robot therapy in a care house: Results of case studies. In *ROMAN 2006: The 15th IEEE International Symposium*

- on Robot and Human Interactive Communication (pp. 581–586). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2006.314452>
38. Zhang, Y., Luo, L., & Wang, X. (2024). Aging with robots: A brief review on eldercare automation. *Interdisciplinary Nursing Research*, 3(1), 49-56.
 39. Bradwell, H. L., Edwards, K. J., Winnington, R., Thill, S., & Jones, R. B. (2019). Companion robots for older people: importance of user-centred design demonstrated through observations and focus groups comparing preferences of older people and roboticists in South West England. *BMJ open*, 9(9), e032468.
 40. Shishehgar, M., Kerr, D., & Blake, J. (2018). A systematic review of research into how robotic technology can help older people. *Smart Health*, 7, 1-18.
 41. Asimov, I., Silverberg, R., & Timmerman, H. (1978). *The bicentennial man*. London, UK: Panther.
 42. Tulsulkar, G., Mishra, N., Thalmann, N. M., Lim, H. E., Lee, M. P., & Cheng, S. K. (2021). Can a humanoid social robot stimulate the interactivity of cognitively impaired elderly? A thorough study based on computer vision methods. *The Visual Computer*, 37(12), 3019-3038.
 43. Chang, W. L., Šabanović, S., & Huber, L. (2013, March). Use of seal-like robot PARO in sensory group therapy for older adults with dementia. In *2013 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, Tokyo. Retrieved July 23, 2025, from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6483521>
 44. Šabanović, S., & Chang, W. L. (2016). Socializing robots: constructing robotic sociality in the design and use of the assistive robot PARO. *AI & society*, 31, 537-551.
 45. Coşar, S., Fernandez-Carmona, M., Agrigoroaie, R., Pages, J., Ferland, F., Zhao, F., ... & Tapus, A. (2020). ENRICHME: Perception and Interaction of an Assistive Robot for the Elderly at Home. *International Journal of Social Robotics*, 12, 779-805.
 46. Pollack, M. E., Brown, L., Colbry, D., Orosz, C., Peintner, B., Ramakrishnan, S., ... & Roy, N. (2002, August). Pearl: A mobile robotic assistant for the elderly. In *AAAI workshop on automation as eldercare* (Vol. 2002). Menlo Park, California, United States: AAAI Press.
 47. Law, M., Sutherland, C., Ahn, H. S., MacDonald, B. A., Peri, K., Johanson, D. L., ... & Broadbent, E. (2019). Developing assistive robots for people with mild cognitive impairment and mild dementia: a qualitative study with older adults and experts in aged care. *BMJ open*, 9(9), e031937.
 48. Fischinger, D., Einramhof, P., Papoutsakis, K., Wohlkinger, W., Mayer, P., Panek, P., ... & Vincze, M. (2016). Hobbit, a care robot supporting inde-

- pendent living at home: First prototype and lessons learned. *Robotics and autonomous systems*, 75, 60-78.
49. Mišeikis, J., Caroni, P., Duchamp, P., Gasser, A., Marko, R., Mišeikienė, N., ... & Früh, H. (2020). Lio-a personal robot assistant for human-robot interaction and care applications. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(4), 5339-5346.
 50. Khosla, R., & Chu, M. T. (2013). Embodying care in Matilda: an affective communication robot for emotional wellbeing of older people in Australian residential care facilities. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 4(4), 1-33.
 51. Martinez-Martin, E., Escalona, F., & Cazorla, M. (2020). Socially assistive robots for older adults and people with autism: An overview. *Electronics*, 9(2), 367.
 52. Pu, L., Moyle, W., Jones, C., & Todorovic, M. (2019). The effectiveness of social robots for older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *The Gerontologist*, 59(1), 37-51.
 53. Tsujimura, M., Ide, H., Yu, W., Kodate, N., Ishimaru, M., Shimamura, A., & Suwa, S. (2020). The essential needs for home-care robots in Japan. *Journal of Enabling Technologies*, 14(4), 201-220.
 54. Fischer, K. (2011). How people talk with robots: Designing dialog to reduce user uncertainty. *Ai Magazine*, 32(4), 31-38.
 55. Shen, Z., & Wu, Y. (2016, October). Investigation of practical use of humanoid robots in elderly care centres. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction*. Singapur. <https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.1145/2974804>
 56. Cespedes, N., Munera, M., Gomez, C., & Cifuentes, C. A. (2020). Social human-robot interaction for gait rehabilitation. *Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28(6), 1299-1307.
 57. Sabelli, A. M., Kanda, T., & Hagita, N. (2011). A conversational robot in an elderly care center: an ethnographic study. In *Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction*; 37-44. <https://doi.org/10.1145/1957656.1957670>
 58. Karunarathne, D., Morales, Y., Nomura, T., Kanda, T., & Ishiguro, H. (2019). Will older adults accept a humanoid robot as a walking partner?. *International Journal of Social Robotics*, 11, 343-358.
 59. Betriana, F., Tanioka, R., Yokotani, T., Matsumoto, K., Zhao, Y., Osaka, K., ... & Tanioka, T. (2022). Characteristics of interactive communication between Pepper robot, patients with schizophrenia, and healthy persons. *Belitung Nursing Journal*, 8(2), 176.

60. Huisman, C., & Kort, H. (2019). Two-Year Use of Care Robot Zora in Dutch Nursing Homes: An Evaluation Study. *Healthcare*, 7(1), 31. <https://doi.org/10.3390/healthcare7010031>
61. Melkas, H., Hennala, L., Pekkarinen, S., & Kyrki, V. (2020). Impacts of robot implementation on care personnel and clients in elderly-care institutions. *International Journal of Medical Informatics*, 134, 1-6.
62. Sifeng, Z., Min, T., Zehao, Z., & Zhao, Y. (2016, July). Capturing the opportunity in developing intelligent elderly care robots in China challenges, opportunities and development strategy. In *2016 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts*, Şangay. Retrieved July 03, 2025, from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7736257>
63. Mudd, S. S., McIlrot, K. S., & Brown, K. M. (2020). Utilizing telepresence robots for multiple patient scenarios in an online nurse practitioner program. *Nursing Education Perspectives*, 41(4), 260-262.
64. Ramdani, N., Panayides, A., Karamousadakis, M., Mellado, M., Lopez, R., Christophorou, C., ... & Koutsouris, D. (2019, June). A safe, efficient and integrated indoor robotic fleet for logistic applications in healthcare and commercial spaces: the endorse concept. In *2019 20th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)*. Hong Kong, Retrieved July 20, 2025, from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8788728>
65. Feil-Seifer, D., & Matarić, M. J. (2011). Socially assistive robotics. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 18(1), 24-31.
66. Brożek, B., & Jakubiec, M. (2017). On the legal responsibility of autonomous machines. *Artificial Intelligence and Law*, 25, 293-304.
67. Abbott, R., Borges, G., Dacornia, E., Devillier, N., Jankowska-Augustyn, M., & Karner, E. (2019). Liability for Artificial Intelligence and other emerging digital technologies. *Report from the Expert Group on Liability and New Technologies*. 1-20.
68. Locsin, R. C., Ito, H., Tanioka, T., Yasuhara, Y., Osaka, K., & Schoenhofer, S. O. (2018). Humanoid nurse robots as caring entities: A revolutionary probability. *International Journal of Studies in Nursing*, 3(2), 146-154.

Pedriatrik Akciğer Hastalıklarında Pulmoner Rehabilitasyon

Ahmet Utuş¹

Özet

Yenidoğan dönemi, solunum sisteminin yapısal ve fonksiyonel açıdan en hızlı değişim gösterdiği ve çevresel etkilere en duyarlı olduğu yaşam evresidir. Bu dönemde özellikle prematürel, düşük doğum ağırlığı, perinatal komplikasyonlar ve enfeksiyonlar gibi faktörler, pulmoner morbidite ve mortalite riskini belirgin şekilde artırmaktadır. Respiratuar Distres Sendromu, bronkopulmoner displazi, transient takipne, mekoryum aspirasyon sendromu ve yenidoğan pnömonisi, neonatal yoğun bakım ünitelerinde en sık karşılaşılan solunumsal sorunlar arasında yer almaktadır. Güncel neonatoloji pratiğinde, bu problemlerin yönetimi yalnızca ventilasyon ve farmakolojik tedavilerle sınırlı kalmamakta; pulmoner rehabilitasyon yaklaşımları giderek daha önemli bir rol üstlenmektedir.

Bu kitap bölümü, yenidoğanın pulmoner sistem gelişimini embriyolojik dönemden başlayarak doğum sonrası adaptasyon süreçleriyle birlikte ele almakta; yenidoğana özgü anatomik ve fizyolojik özellikleri, sık görülen pulmoner patolojileri ve neonatal yoğun bakım uygulamalarını kapsamlı biçimde irdelemektedir. Bölümde ayrıca non-invaziv ve invaziv solunum destek yöntemleri, sürfaktan tedavisi, ventilatör ilişkili akciğer hasarının önlenmesi, akciğer hacmini artıran stratejiler ve sekresyon yönetimine yönelik fizyoterapötik yaklaşımlar güncel literatür ışığında sunulmaktadır. Yenidoğanlara uyarlanmış nazik göğüs fizyoterapisi teknikleri, pozisyonlama, solunum paterni optimizasyonu ve minimal handling ilkeleri, pulmoner rehabilitasyonun temel bileşenleri olarak vurgulanmaktadır.

Ayrıca aile merkezli bakım yaklaşımı, taburculuk sonrası ev programları ve ebeveyn eğitiminin uzun dönem solunum sağlığı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Sonuç olarak bu bölüm, neonatal pulmoner rehabilitasyonun kanıta dayalı uygulamalarını bütüncül bir bakış açısıyla ele alan, klinisyenler, fizyoterapistler ve sağlık profesyonelleri için güncel ve kapsamlı bir başvuru kaynağı niteliği taşımaktadır.

1 Öğretim Görevlisi, İnönü Üniversitesi Sağlık bilimleri Fakültesi, Ahmet.utus@inonu.edu.tr, 0000-0002-6613-8235

GİRİŞ

Neonatal dönem, solunum sisteminin yapısal ve fonksiyonel olarak en hızlı değişim gösterdiği yaşam evresidir. Bu süreçte akciğerlerin yeterli gaz değişimini sağlayabilmesi, hem embriyolojik gelişimin tamamlanma düzeyine hem de doğum sonrası adaptasyon mekanizmalarının etkinliğine bağlıdır. Prematürelilik, düşük doğum ağırlığı, perinatal komplikasyonlar ve enfeksiyonlar gibi faktörler, yenidoğanın pulmoner sistemini kırılgan hale getirerek solunum morbiditesini artırmaktadır. Neonatal yoğun bakım uygulamalarındaki gelişmelere rağmen Respiratuar Distres Sendromu (RDS), Bronkopulmoner Displazi (BPD), Transient Takipne (TTN), Mekonyum Aspirasyon Sendromu ve pnömoni gibi pulmoner problemler, yenidoğan morbidite ve mortalitesinin önemli nedenleri arasında yer almaktadır.

Pulmoner rehabilitasyon, yalnızca yetişkin veya pediatrik dönemle sınırlı bir uygulama alanı olmayıp, son yıllarda yenidoğanların solunumsal desteğinde de kritik bir disiplin olarak kabul edilmektedir. Yenidoğanlara uyarlanmış pozisyonlama, göğüs mobilizasyonu, sekresyon yönetimi, non-invaziv solunum desteği ve aile merkezli bakım yaklaşımlarının klinik sonuçları iyileştirdiği çok sayıda çalışmayla gösterilmiştir. Bu yaklaşımlar; akciğer hacminin korunması, alveoler stabilitenin artırılması, solunum iş yükünün azaltılması ve komplikasyonların önlenmesi açısından önemlidir. Ayrıca neonatal dönemde fizyoterapi ve solunum rehabilitasyonunun dikkatli, nazik ve gelişimsel olarak uygun tekniklerle uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Yenidoğanlarda pulmoner sistem gelişimi, sık karşılaşılan solunum patolojileri, yoğun bakım uygulamaları, solunum destek yöntemleri, fizyoterapötik değerlendirme ve tedavi yaklaşımlarını kapsamlı şekilde ele almaktadır. Bölümün amacı; klinisyenlere, fizyoterapistlere, akademisyenlere ve sağlık profesyonellerine neonatal solunum sistemini bütüncül bir yaklaşımla sunmak, kanıta dayalı uygulamalar doğrultusunda güncel tedavi stratejilerini paylaşmak ve aile merkezli bakımın önemini vurgulamaktır.

1. Embriyolojik Pulmoner Sistem Gelişimi

Solunum sistemi embriyolojik olarak ön bağırsaktan gelişir ve yaklaşık gestasyonun 4. haftasında larengeal oluğun farklılaşması ile başlar. Bu dönemden itibaren akciğer dokusu, hava yolu ağacı ve alveoler yapıların gelişimi fetal büyüme boyunca devam eder ve doğumdan sonra da özellikle alveolerizasyon süreci çocukluk dönemine kadar sürer. Pulmoner sistemin doğru gelişimi, doğum sonrası solunum fonksiyonları ve yenidoğan

sağkalımı açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle embriyolojik akciğer gelişiminin anlaşılması, pediatrik pulmonoloji ve pulmoner rehabilitasyon uygulamalarında temel bir bilimsel alt yapı sağlar.

1.1. Solunum Sisteminin Embriyolojik Kökeni

Embriyolojik solunum sistemi, endoderm ve mezoderm kökenlidir. Trakea ve bronşların epitel yapısı endodermden türemişken, kıkırdak, düz kas ve bağ dokusu komponentleri splanknik mezodermden gelişir. Gestasyonun 4. haftasında ön bağırsak ventral duvarından laringotrakeal divertikülün oluşması solunum ağacının başlangıcı olarak kabul edilir. Son yıllarda yapılan gelişimsel biyoloji alışmaları, FGF10, BMP4 ve SHH gibi sinyal yolaklarının tomurcuklanma ve dallanma sürecinde kritik rol oynadığını göstermektedir [1, 2].

1.2. Bronkopulmoner Tomurcuklanma Evreleri

Laringotrakeal tüpün distalinden bronkopulmoner tomurcuklar oluşur ve bu yapılar daha sonra sağda üç, solda iki primer bronşa ayrılır. Dallanma morfogenezinin matematiksel ve genetik olarak oldukça düzenli bir süreç olduğu bilinmekte olup, özellikle FGF10 eksikliği veya reseptör disfonksiyonu gibi durumların pulmoner hipoplaziye yol açtığı bildirilmektedir[3]. Güncel görüntüleme modelleri, bu dönemde epitel ve mezoderm arasındaki etkileşimin akciğer gelişiminde belirleyici olduğunu doğrulamıştır.

1.3. Dönemlere Göre Akciğer Gelişimi

Embriyolojik ve fetal akciğer gelişimi klasik olarak beş dönemde incelenir:

- **Pseudoglandüler dönem (5–17. hafta):** Bu evrede iletim hava yolları terminal bronşiyollere kadar oluşur ancak gaz değişimi yapacak yapılar henüz mevcut değildir. Yapısal organizasyonun büyük bölümünün bu dönemde şekillendiği ve intrauterin hipoksinin bu süreçte bronşiyal dallanmayı olumsuz etkilediği gösterilmiştir [4].

- **Kanaliküler dönem (16–25. hafta):** Respiratuvar bronşiyoller, ince duvarlı kanallar ve ilk kapiller ilişkiler bu dönemde oluşur. Sürfaktan sentezi başlamakla birlikte henüz yeterli değildir. Bu nedenle 24. haftadan önce doğan bebeklerde ciddi respiratuvar distres görölme olasılığı yüksektir.

- **Sakküler dönem (24–38. hafta):** Terminal keseciklerin sayısı artar, kapiller ağ genişler ve tip I pneumositler farklılaşır. Tip II pneumositlerden sürfaktan üretimi hızlanır. Klinik olarak prematürelikte sürfaktan eksikliğinin doğrudan bu dönemdeki gelişim yetersizliği ile ilişkili olduğu kabul edilir [5].

• **Alveoler dönem (36. hafta – 8 yaş):** Doğumda yaklaşık 20–50 milyon alveol bulunurken, alveolerizasyon yaşamın ilk yıllarında hızla sürer ve toplam alveol sayısı 8 yaş civarında 300 milyona ulaşır. Son çalışmalar alveoler gelişimin adölesana kadar devam edebildiğini de göstermiştir [6].

TABLO 1: Embriyolojik Akciğer Gelişim Dönemleri

Dönem	Gestasyon Haftası	Ana Özellikler	Klinik Önemi
Embriyonik	0-5 hafta	Larengeal oluk oluşumu, tomurcuklanma	Konjenital anomalilerin kritik dönemi
Pseudoglandüler	5-17 hafta	Terminal bronşiyol oluşumu, glandüler görünüm	Gaz değişimi yok, yaşama uyumsuz
Kanaliküler	16-25 hafta	İlk kapiller-hava yolu ilişkileri, sürfaktan başlangıcı	<24 hafta: ciddi RDS riski (%90)
Sakküler	24-38 hafta	Terminal kesecikler, tip I-II pneumositler, sürfaktan ↑	Prematürite: sürfaktan eksikliği sendromu
Alveoler	36 hafta - 8 yaş	20 milyon→300 milyon alveol, septal incelməsi	Gelişim adölesana kadar sürebilir

Tablo 1’de görüldüğü üzere, kanaliküler dönemin sonu (24. hafta) kritik bir eşik oluşturur; bu haftadan önce doğan bebeklerde sürfaktan yetersizliği nedeniyle ciddi respiratuar distres görülme olasılığı %90’ın üzerindedir. Alveoler dönemde ise alveol sayısı doğumdan 8 yaşına kadar 15 kat artarak 300 milyona ulaşır; bu süreç bazı bireylerde adölesana kadar devam edebilmektedir [4].

1.4. Sürfaktan Gelişimi ve Fonksiyonunun Önemi

Sürfaktan, tip II alveoler hücreler tarafından üretilen fosfolipid ve proteinlerden oluşan yüzey aktif bir maddedir. Alveollerin yüzey gerilimini azaltır, kollapsı engeller ve gaz değişimini optimize eder. Sürfaktan üretimi 20. haftada başlamakla birlikte 34. haftadan sonra fonksiyonel düzeye ulaşır. Son 10 yılda yapılan moleküler çalışmalar, SP-B ve SP-C proteinlerinin eksikliğinin ağır respiratory distress sendromunun temel nedenlerinden biri olduğunu göstermiştir[7]. Sürfaktan yetersizliği prematüre bebeklerde mortalite ve morbiditenin en önemli belirleyicilerinden biri olmaya devam etmektedir.

1.5. Prematürelikte Akciğer Gelişim Bozuklukları

Prematüre doğum, özellikle 28. gebelik haftasından önce gerçekleştiğinde, hem yapısal hem fonksiyonel pulmoner gelişim önemli ölçüde etkilenir. Yetersiz alveolerizasyon, kapiller ağ gelişiminin tamamlanamaması ve sürfaktan eksikliği prematüre solunum yetmezliğinin temel mekanizmalarıdır. Modern yoğun bakım uygulamaları sağkalımı artırsa da bronkopulmoner displazi (BPD) gelişme riski halen yüksektir. Yenidoğan fizyoterapisi ve pulmoner rehabilitasyon yaklaşımları, bu riskli popülasyonda akciğer gelişimini destekleyici müdahaleler olarak giderek daha fazla önem kazanmıştır [8].

1.6. Embriyolojik Anomaliler ve Klinik Sonuçları

Embriyolojik süreçlerdeki bozukluklar ciddi anatomik ve fonksiyonel sorunlara yol açabilir. Trakeoözofageal fistül, pulmoner hipoplazi, konjenital kistik adenomatoid malformasyon ve diyafragma hernisi bu anomalilerin en sık görülenleridir. Pulmoner hipoplazi, alveol ve damar gelişiminin yetersiz kalması nedeniyle doğum sonrası ciddi solunum yetmezliği ile seyreder ve çoğu olguda pulmoner rehabilitasyon ve solunum desteğinin uzun süreli uygulanması gerekir. Fetüs MR çalışmaları, bu anomalilerin prenatal dönemde daha etkili tanımlanmasını olanaklı hale getirmiştir [9].

2. Yenidoğanın Pulmoner Sistem Özellikleri

Yenidoğan döneminde akciğer, solunum kasları, göğüs duvarı ve hava yolları anatomik ve fizyolojik olarak yetişkinlerden belirgin biçimde farklıdır. Bu farklılıklar, yenidoğanın solunum iş yükünü, gaz değişimi kapasitesini ve pulmoner patolojilere yatkınlığını doğrudan etkiler. Özellikle prematür bebeklerde bu özellikler daha da belirgindir ve klinik yönetimi büyük ölçüde şekillendirir. Pulmoner rehabilitasyon uygulamalarının doğru planlanabilmesi için bu fizyolojik temellerin iyi anlaşılması gereklidir.

2.1. Anatomik ve Fizyolojik Farklılıklar

Yenidoğan akciğerleri, doğumda nispeten düşük volüme ve az sayıda alveole sahiptir. Doğumda ortalama 20–50 milyon alveol bulunurken, bu sayı çocukluk döneminde artarak 300 milyona ulaşır [10]. Akciğer dokusunun elastik lifleri henüz tam gelişmediğinden, akciğer kompliyansı düşüktür. Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC), görece küçük olup gaz değişimi rezervini sınırlar. Bu nedenle yenidoğanlar hipoksemiye karşı daha duyarlıdır.

Fizyolojik olarak yenidoğanlarda metabolik hız yüksektir ve oksijen tüketimi yetişkinlere göre yaklaşık iki kat fazladır. Bu durumun sonucu

olarak oksijen gereksinimi artar ve solunum sistemi daha yüksek bir iş yüküne sahiptir [11].

Yenidoğan ve yetişkin akciğerleri arasındaki anatomik ve fizyolojik farklılıklar, yenidoğanın solunum yetmezliğine yatkınlığını açıklamaktadır (Tablo 2). Bu farklılıklar pulmoner rehabilitasyon stratejilerinin planlanmasında rehber niteliği taşır.

TABLO 2: Yenidoğan vs Yetişkin Pulmoner Sistem

Parametre	Yenidoğan	Yetişkin	Klinik Sonuç
Alveol sayısı (doğumda)	20-50 milyon	300 milyon	Düşük gaz değişim rezervi
O ₂ tüketimi	6-8 mL/kg/dk	3-4 mL/kg/dk	2x yüksek metabolik talep [11]
FRC	30 mL/kg	35-40 mL/kg	Hızlı desatürasyon riski
Diyafragma Tip I lif %	25-30%	55-60%	Kolay yorulma, apne eğilimi [12]
Göğüs duvarı kompliyansı	Yüksek (yumuşak)	Düşük (rijid)	Atelektazi eğilimi ↑
Hava yolu direnci	15x daha yüksek	Referans	Küçük ödem: büyük etki (Poiseuille)
Solunum sayısı (dk)	30-60	12-20	Yüksek iş yükü

Tablo 2’de özetlenen bu farklılıklar, yenidoğanın neden minimal patolojilerde bile ciddi solunum yetmezliği geliştirebileceğini açıklamaktadır. Özellikle düşük tip I kas lif oranı (%25-30 vs %55-60) nedeniyle diyafragma kolay yorulur ve bu durum prematürelerde ventilatör bağımlılığını artırır [12]. Ayrıca hava yolu direncinin yetişkinlere göre 15 kat daha yüksek olması, küçük bir mukozal ödem veya sekresyon artışının bile dramatik klinik sonuçlar doğurmasına yol açar.

2.2. Göğüs Duvarı ve Solunum Mekanikliği

Yenidoğanın göğüs duvarı nispeten yumuşak, uyumlu (compliant) ve yapısal olarak daha yatay kaburgalara sahiptir. Yüksek göğüs duvarı kompliyansı, alveoler kollaps eğilimini artıran önemli bir risk faktörüdür. Ayrıca kostaların yatay yerleşimi nedeniyle inspirasyonda göğüs hacmi sınırlı şekilde artar. Bu mekanikler nedeniyle yenidoğan çoğunlukla diyafragma ağırlıklı solunum paterni kullanır[4].

Göğüs duvarı ve akciğer arasındaki uyumsuzluk (thoracic-lung compliance mismatch) prematürelerde daha belirgindir ve atelektazi gelişimine zemin

hazırlar. Bu durum NICU'da pozisyonlama, CPAP ve solunum fizyoterapisi stratejilerini önemli kılar.

2.3. Yenidoğanda Solunum Kaslarının Özellikleri

Diyafragma ve interkostal kaslar yenidoğanlarda düşük oksidatif kapasiteye ve düşük tip I lif oranına sahiptir. Diyaframın tip I kas lif oranı %25–30 iken yetişkinlerde bu oran %55–60'a ulaşır[12]. Bu nedenle yenidoğan solunum kasları kolay yorulur ve solunum yetmezliği gelişimi hızlanabilir. Prematüre bebeklerde bu oran daha da düşüktür, bu da ventilatör bağımlılığını ve respiratuar distres riskini artırır.

2.4. Hava Yolu Direnci ve Dinamiği

Yenidoğanların hava yolları dar çaplıdır ve küçük bir ödem ya da sekresyon artışı bile hava yolu direncini dramatik biçimde artırabilir. Poiseuille yasasına göre hava yolu yarıçapındaki %50'lik bir azalma, rezistansı 16 kat artırır. Bu nedenle yenidoğanlarda bronşiolit, TTN ve RDS gibi durumlar hızla solunum sıkıntısına dönüşebilir. Son çalışmalarda hava yolu stabilitesinin özellikle surfaktan düzeyi ve hava yolu kıkırdak yapısının olgunluğu ile ilişkili olduğu bildirilmektedir [13].

2.5. Alveol Yapısı ve Solunum Kapasitesi

Doğumda alveoller henüz tam olgun değildir; duvarları kalındır ve elastik lif ağı sınırlıdır. Kapiller membranın incilmesi ve alveol sayısının artması doğumdan sonraki yıllara yayılır. Yenidoğanda alveol-yüzey alanı düşük olduğundan oksijen difüzyon kapasitesi yetişkinlere göre sınırlıdır. Bu nedenle minimal ventilatuar bozulmalar bile hipoksemi ile sonuçlanabilir. Prematürelerde alveoler gelişim daha da yetersizdir ve özellikle BPD'ye zemin hazırlayan “basit alveolerizasyon” olarak tanımlanan anormal yapılaşma görülebilir [14].

2.6. Termoregülasyon ve Solunum İlişkisi

Yenidoğanlar, geniş vücut yüzey alanı ve düşük kahverengi yağ dokusu nedeniyle ısı kaybına oldukça duyarlıdır. Termoregülasyonun bozulması, oksijen tüketimini artırarak respiratuar yükü daha da yükseltir. Hipotermi, spontan solunum paternini bozarak apne ve bradikardi ataklarına yol açabilir [15]. Bu nedenle uygun termal nötral ortam sağlanması, yenidoğanın solunum stabilitesi açısından klinik bir gerekliliktir ve pulmoner rehabilitasyon yaklaşımlarının ayrılmaz bir parçasıdır.

3. Yenidoğanda Sık Görülen Pulmoner Problemler

Yenidoğan döneminde pulmoner sistemin anatomik ve fizyolojik olgunlaşmamış yapısı, solunum problemlerine yatkınlığı artırır. Prematürel, perinatal asfiksi, mekonyum aspirasyonu, enfeksiyonlar ve gelişimsel anomaliler bu sorunların ortaya çıkmasında önemli etkenlerdir. Neonatal solunum problemleri, yenidoğan yoğun bakımında en sık karşılaşılan morbidite nedenlerindendir ve erken tanı ile uygun yönetim, mortaliteyi belirgin şekilde azaltmaktadır. Bu bölümde yenidoğanlarda sık görülen başlıca pulmoner problemler, etiyoloji, klinik özellikler ve güncel literatür ışığında ele alınmaktadır.

3.1. Transient Takipne (TTN)

Transient takipne, özellikle sezaryenle doğan term ve geç preterm bebeklerde görülen, genellikle 24–72 saat içinde düzelen hızlı solunum tablosudur. Etiyoloji temelde fetal akciğer sıvısının gecikmiş rezorpsiyonuna dayanır. TTN'nin patofizyolojisinde, sodyum kanallarının (ENaC) yetersiz aktivasyonu ile sıvı geri emiliminde bozulma olduğu gösterilmiştir [16]. Klinik olarak taşipne, hafif çekilmeler ve oksijen gereksinimi ile seyreder. Son yıllarda HFNC ve CPAP'in hafif destek yöntemleri olarak TTN'de etkinliği gösterilmiştir [17].

3.2. Respiratuar Distres Sendromu (RDS)

RDS, özellikle 34 haftadan küçük prematürelde görülen ve tip II alveoler hücrelerdeki sürfaktan eksikliğine bağlı gelişen ciddi bir solunum yetmezliği sendromudur. Sürfaktan yetersizliği alveollerin kollapsına, düşük kompliyans ve şiddetli hipoksemiye yol açar. Prenatal steroid uygulamasının RDS insidansını anlamlı şekilde azalttığı son metaanalizlerde gösterilmiştir [18]. Sürfaktan replasman tedavisi, günümüzde RDS yönetiminin temel basamaklarından biri olmaya devam etmektedir. Non-invaziv ventilasyon yöntemlerinin erken başlanması, ventilatör ilişkili akciğer hasarını azaltmada kritik rol oynamaktadır [19].

3.3. Mekonyum Aspirasyon Sendromu (MAS)

MAS, özellikle term veya postterm bebeklerde mekonyumlu amniyon sıvısının aspirasyonu sonucu gelişen inflamasyon, hava yolu obstrüksiyonu ve kimyasal pnömoni tablosudur. Mekonyumun yüzey aktif maddeyi inaktive ettiği ve alveoler makrofaj aktivasyonunu artırarak inflamasyonu tetiklediği bilinmektedir [20]. Klinik seyir hafiften ağır solunum yetmezliğine kadar değişkenlik gösterir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, doğumda agresif

entübasyon ve aspirasyon uygulamalarının artık önerilmediğini, bunun yerine pozitif basınç ventilasyonunun daha güvenli olduğunu ortaya koymuştur [21].

3.4. Persistan Pulmoner Hipertansiyon (PPHN)

PPHN, fetal dönemdeki yüksek pulmoner damar direncinin doğumdan sonra düşmemesi ile karakterize, yaşamı tehdit eden bir durumdur. Oksijenlenme bozukluğu, siyanotik ataklar ve ciddi hipoksemi ile seyreder. Patofizyolojide pulmoner vasküler yatakta NO eksikliği ve vasküler kas tonusunda artış önemli rol oynar. İnhal nitrik oksit tedavisi, PPHN yönetiminde son yirmi yıldır devrim yaratmış olup güncel rehberler tarafından ilk basamak tedavi olarak önerilmektedir [22].

3.5. Prematüriteye Bağlı Akciğer Problemleri

Prematüre bebekler yapısal, fonksiyonel ve immünolojik açıdan olgunlaşmamış akciğer dokusuna sahiptir. Sürfaktan eksikliği, yetersiz alveolerizasyon, düşük elastikiyet ve zayıf solunum kasları prematürelkte solunum problemlerinin temelini oluşturur. Son yıllarda düşük tidal volümlü ventilasyon, minimal handling, erken CPAP ve kafein tedavisinin prematüre akciğer sağkalımını olumlu etkilediği gösterilmiştir [23].

3.6. Bronkopulmoner Displazi (BPD)

BPD, prematüre bebeklerde uzun süreli oksijen ve ventilasyon desteğine bağlı gelişen kronik akciğer hastalığıdır. Güncel “yeni tip BPD” tanımı, alveoler gelişimin duraksadığı, geniş ama sayıca az alveollerin ve azalmış kapiller ağın bulunduğu yapısal bir bozukluğu ifade eder [24]. BPD, uzun vadede gelişimsel, kardiyopulmoner ve nörolojik sorunlara yol açabilir. Pulmoner rehabilitasyon yaklaşımları, solunum kas eğitimi, pozisyon yönetimi ve sekresyon kontrolünü içeren önemli tamamlayıcı tedavilerdir.

3.7. Yenidoğan Pnömonisi

Yenidoğan pnömonisi intrauterin, perinatal veya postnatal dönemde gelişebilir. Etiyoloji sıklıkla bakteriyel enfeksiyonlara dayanır ve özellikle grup B streptokok ile Ureaplasma türleri önemli patojenlerdir. Klinik olarak taşipne, apne, hipoksemi ve beslenme güçlükleri görülür. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, pnömoninin erken CPAP kullanımıyla daha iyi tolere edildiği ve akciğer kompliyansının korunabildiği gösterilmiştir [25].

3.8. Hava Kaçağı Sendromları (Pnömotoraks, Pnömomediastinum)

Hava kaçağı sendromları, özellikle mekanik ventilasyon altında olan veya eşlik eden akciğer hastalığı bulunan yenidoğanlarda görülmektedir. Alveol rüptürüne bağlı hava interstisyuma ve plevral boşluklara geçer. Klinik ciddiyet pnömotoraksın hacmine ve basıncına bağlıdır. Güncel literatür, minimal invaziv göğüs tüpü ve iğne aspirasyon tekniklerinin seçilmiş vakalarda etkin olduğunu göstermektedir [26].

4. Yenidoğan Yoğun Bakım Ünitesinde Görülen Solunum Problemleri ve Uygun Tedaviler

Yenidoğan yoğun bakım ünitesi (NICU), solunumsal problemleri olan term ve prematüre bebeklerin izlem ve tedavisinde kritik bir rol oynar. Yenidoğan akciğerlerinin yapısal ve fonksiyonel olarak olgunlaşmamış olması nedeniyle bu bebekler hipoksemi, atelektazi, hava yolu obstrüksiyonu ve ventilasyon-perfüzyon dengesizliği gibi komplikasyonlara son derece yatkındır. Güncel literatür, erken tanı, minimal invaziv ventilasyon stratejileri ve fizyoterapötik yaklaşımların mortalite ve morbiditeyi önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

4.1. Solunum Distresinin Klinik Bulguları

Solunum distresi, NICU'ya kabul edilen bebeklerde en sık görülen klinik tablolardan biridir. Taşipne, burun kanadı solunumu, interkostal ve subkostal çekilmeler, ekspiryumda inilti (grunting) ve siyanoz başlıca bulgulardır. Son 10 yılda yapılan çalışmalar, erken distresin ciddiyetini değerlendirmek için Silverman-Andersen Skoru ve Downes Skoru gibi klinik ölçeklerin yüksek güvenilirlik gösterdiğini bildirmiştir[27]. Erken tanı, oksijen ihtiyacının azaltılması ve ventilatör ilişkili komplikasyonların önlenmesi açısından önemlidir.

4.2. NICU'da Solunum Destek Stratejileri

Güncel neonatoloji pratiği, invaziv ventilasyonun mümkün olduğunca geç kullanıldığı, non-invaziv stratejilerin ön planda olduğu bir yönetim modeline doğru evrilmiştir. Erken CPAP uygulaması, özellikle prematüre bebeklerde atelektazi gelişimini azaltmakta ve RDS'nin ağırlaşmasını önlemektedir [28]. HFNC, son yıllarda oldukça yaygınlaşmış olup hafif-orta düzey respiratuar distres yönetiminde başarılı sonuçlar göstermektedir.

Ventilasyon sırasında düşük tidal volüm ve düşük basınç stratejileri, akciğer hasarını (VILI) azaltmak için önerilmektedir. "Gentle ventilation" kavramı, güncel tedavi yaklaşımlarının merkezinde yer almaktadır[29].

4.3. Sürfaktan Tedavisi

Sürfaktan, özellikle prematüre bebeklerde RDS tedavisinin temel bileşenidir. Son literatürde, sürfaktanın minimal invaziv tekniklerle (MIST veya LISA yöntemi) verilmesinin entübasyon ihtiyacını ve ventilatör destek süresini azalttığı gösterilmiştir [30]. Bu teknikler, ventilatör ilişkili akciğer hasarını önleyerek kronik akciğer hastalığı (BPD) riskini de azaltmaktadır. Sürfaktan replasmanı çoğunlukla ilk saatlerde uygulanmakla birlikte, klinik kötüleşme olduğunda tekrar doz gerekebilir.

4.4. Ventilatör İlişkili Akciğer Hasarı (VILI)

VILI, yenidoğanlarda uzun süre mekanik ventilasyona bağlı gelişen yapısal ve fonksiyonel akciğer hasarıdır. Aşırı distansiyon (volüt travma), tekrarlayan açılma-kapanma (atektot travma) ve inflamasyon (biyotravma) VILP'nin temel mekanizmalarıdır. Güncel çalışmalarda düşük tidal volüm (4–6 mL/kg), optimal PEEP düzeyi ve kısa ventilasyon süresinin VILP'yi önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir [31]. Bu nedenle ventilasyon tedavisinin fizyoterapi ve minimal handling yaklaşımı ile desteklenmesi gereklidir.

4.5. Non-invaziv ve İnvaziv Mekanik Ventilasyon Yönetimi

Non-invaziv ventilasyon:

- CPAP, NIPPV ve HFNC güncel ilk basamak yaklaşımlardır.
- Spontan solunumu destekler, entübasyon ihtiyacını azaltır.
- RDS, TTN ve hafif MAS olgularında başarı oranı yüksektir.

İnvaziv ventilasyon: Gerekli olduğunda düşük tidal volüm ve akciğeri koruyucu stratejilerle başlatılmalıdır. Yüksek frekanslı osilatuar ventilasyon (HFOV), ağır RDS veya PPHN'de tercih edilebilmektedir. Son metaanalizler, NIPPV'nin CPAP'a göre daha düşük entübasyon oranı sağladığını göstermiştir [17].

4.6. Solunum Fizyoterapisinin Yenidoğan Yoğun Bakımdaki Yeri

NICU'da solunum fizyoterapisi, sekresyon yönetimi, atelektazi önleme, pozisyonlama ve solunum kas aktivasyonunu destekleme amacıyla uygulanmaktadır. Modern fizyoterapi yaklaşımı, minimal invaziv, yumuşak tekniklerin kullanılmasını önerir. Vibrasyon, pozisyonlama, göğüs genişletme manevraları ve kontrollü sekresyon mobilizasyonu güvenli yöntemler arasında yer alır [32]. Fizyoterapi, özellikle BPD gelişimini önleme stratejilerinin önemli bir parçası haline gelmiştir.

4.7. NICU'da Komplikasyonların Önlenmesi

NICU'da en sık karşılaşılan pulmoner komplikasyonlar arasında ateletazi, hava kaçağı sendromları, sekresyon birikimi ve oksijen toksisitesi yer alır. Optimal nemlendirilmiş oksijen kullanımı, uygun pozisyonlama, sık değerlendirme ve sekresyon kontrolü bu komplikasyonların önlenmesinde kritik öneme sahiptir. Güncel rehberler, oksijen saturasyon hedefinin prematürelde %90–95 arasında tutulmasını önermektedir [33]. Ayrıca minimal handling ve termal stabilite sağlanması, hem solunum iş yükünü azaltır hem de fizyolojik stabiliteyi destekler.

5. Respiratuar Destek Yöntemleri

Yenidoğanlarda respiratuar destek yöntemleri, solunum yetmezliğinin patofizyolojisine, klinik bulgularına ve altta yatan hastalığa göre basamaklı bir yaklaşımla uygulanır. Prematüre akciğerinin hassasiyeti göz önünde bulundurularak ventilasyon ve oksijen tedavisinde minimal invaziv, akciğeri koruyucu stratejiler ön plana çıkmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, yenidoğan yoğun bakımında oksijenlenme, ventilasyon, sürfaktan fonksiyonu ve alveoler stabiliteyi optimize eden tekniklerin mortalite ve morbiditeyi anlamlı şekilde azalttığını ortaya koymaktadır.

5.1. Oksijen Tedavisi ve Modaliteleri

Oksijen tedavisi, neonatal solunum desteğinin temel bileşenidir; ancak aşırı oksijen uygulaması preterm retinopatisi ve oksijen toksisitesine yol açabileceği için dikkatle yönetilmelidir. Güncel rehberler, prematüre bebeklerde hedef SpO₂ aralığının %90–95 arasında tutulmasını önermektedir [33]. Oksijen; nazal kanül, oksijen başlığı (hood), CPAP veya mekanik ventilasyon aracılığıyla verilebilir. Son 10 yılda, düşük akım nazal oksijenin kronik akciğer hastalığı gelişimini azalttığı gösterilmiştir [34].

5.2. Nazal CPAP

Nazal sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP), özellikle RDS, TTN ve hafif MAS gibi durumlarda ilk basamak non-invaziv destek yöntemidir. CPAP, alveoler kollapsı engelleyerek fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırır ve oksijenlenmeyi iyileştirir. Prematürelde erken CPAP kullanımının entübasyon oranlarını düşürdüğü ve BPD gelişimini azalttığı bildirilmektedir[35]. Nazal prong veya maskeler aracılığıyla uygulanır ve basınç genellikle 5–8 cmH₂O aralığında ayarlanır.

5.3. HFNC (High Flow Nasal Cannula)

Yüksek akımlı nazal kanül (HFNC), son yıllarda yaygınlaşmış bir destek yöntemidir ve 2–8 L/dk aralığında ısıtılmış, nemlendirilmiş oksijen-hava karışımı sağlar. HFNC'nin hafif-orta respiratuar distresli bebeklerde CPAP'a alternatif olabileceği ve rahatlık, tolerans açısından üstünlük sağladığı gösterilmiştir [36]. HFNC, anatomik ölü boşluğun yıkanmasını ve düşük düzeyde pozitif basınç oluşturarak solunum iş yükünün azalmasını sağlar. Randomize kontrollü çalışmalar, HFNC'nin özellikle geç preterm ve term bebeklerde etkili olduğunu bildirmiştir.

5.4. Non-invaziv Mekanik Ventilasyon (BiPAP / NIPPV)

Non-invaziv pozitif basınçlı ventilasyon (NIPPV), CPAP'ın aksine inspiryumda ek pozitif basınç desteği sağlayarak tidal volümü artırır ve apne epizodlarını azaltır. Prematürelde NIPPV'nin CPAP'a kıyasla daha düşük entübasyon oranı sağladığı son metaanalizlerde gösterilmiştir [17]. BPD riski yüksek bebeklerde, solunum kas yetmezliğini azaltmak ve alveoler ventilasyon düzeyini iyileştirmek için tercih edilmektedir.

5.5. İnce Tüp Endotrakeal Ventilasyon (ETT)

İnvaziv mekanik ventilasyon, non-invaziv yöntemlerin yetersiz kaldığı ağır solunum yetmezliği durumlarında uygulanır. Güncel yaklaşımlar, akciğeri koruyucu ventilasyon stratejilerini hedeflemektedir: düşük tidal volüm (4–6 mL/kg), düşük inspiratuar basınçlar ve optimal PEEP kullanımı. Prematüre akciğerinde aşırı distansiyon (volüt travma) ve tekrarlayan açılma-kapanma döngüleri (atelektotravma), VILI'nin ana mekanizmaları olarak tanımlanmıştır [37]. Bu nedenle ventilatör ayarları sık izlenmeli ve mümkün olan en kısa sürede non-invaziv desteğe geçiş yapılmalıdır.

5.6. Yüksek Frekanslı Ventilasyon

Yüksek frekanslı osilatuar ventilasyon (HFOV), yüksek frekans ve düşük tidal volümlerle ventilasyon sağlayarak akciğerin aşırı distansiyonunu engeller. Alveolleri sürekli açık tutarak oksijenlenmeyi artırır ve PPHN, ciddi RDS, hava kaçağı sendromları gibi ağır patolojilerde kullanılmaktadır. HFOV'un özellikle akciğer kompliyansı düşük bebeklerde oksijenlenme üzerinde belirgin avantaj sağladığı gösterilmiştir [38].

5.7. Ekstrakorporeal Membran Oksijenizasyonu (ECMO)

ECMO, konvansiyonel ventilasyon ve farmakolojik tedavilere yanıt vermeyen ağır solunum yetmezliğinde kullanılan ileri yaşam desteği

yöntemidir. PPHN, ağır MAS, sepsis ve konjenital diyafragma hernisi ECMO endikasyonları arasındadır. Güncel veriler, ECMO uygulanan yenidoğanlarda sağkalım oranlarının %70'in üzerinde olduğunu bildirmektedir [39]. Ancak ECMO; kanama, enfeksiyon ve nörolojik komplikasyon riskleri nedeniyle dikkatle seçilmiş olgularda uygulanmalıdır.

Yenidoğan solunum desteği, basamaklı bir yaklaşım gerektirir. Tablo 3, güncel modalitelerin endikasyonları, avantajları ve sınırlılıklarını karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Modalite seçimi, hastanın gestasyon yaşı, hastalık şiddeti ve kliniğin teknik olanaklarına göre bireyselleştirilmelidir.

TABLO 3: Respiratuar Destek Modaliteleri - Karşılaştırma

Modalite	Basınç Desteği	Primer Endikasyonlar	Başlıca Avantajlar	Önemli Dezavantajlar	Kanıt Seviyesi
Nazal Kanül (LF)	Yok	Stabil bebeklerde hafif O ₂ desteği	Non-invaziv, rahat tolere edilir	Basınç desteği yok, FRC artışı yok	B
HFNC	2-4 cmH ₂ O	Hafif-orta distres, ekstübasyon sonrası	İyi tolere, nazal travma □ [36]	CPAP'tan daha az etkin	A
nCPAP	5-8 cmH ₂ O	RDS, TTN, apne, ekstübasyon	FRC artışı, entübasyon □ %40 [28, 35]	Nazal travma, aerofaji riski	A
NIPPV	8-20 cmH ₂ O (PIP)	CPAP yetersizliği, apne	CPAP'tan daha düşük entübasyon [17]	Senkronizasyon zorluğu	A
İnvaziv MV	Ayarlanabilir	Ağır yetmezlik, CPAP başarısızlığı	Tam ventilatör kontrol	VILI riski, trakeal travma [31]	A
HFOV	8-15 cmH ₂ O MAP	Ağır RDS, PPHN, hava kaçağı	Minimal volüt travma, oksijenlenme ↑ [38]	Teknik uzmanlık gerekir, hemodinamik etki	B
ECMO	N/A	Refrakter PPHN, MAS, CDH	Sağkalım %70-75 [39]	Kanama, enfeksiyon, nörolojik risk	B

Tablo 3'ün gösterdiği gibi, güncel literatür non-invaziv yöntemlerin erken ve agresif kullanımını desteklemektedir. Cochrane derlemesi, erken nCPAP uygulamasının entübasyon ihtiyacını %40 oranında azalttığını göstermiştir [28]. NIPPV ise CPAP'a göre daha düşük entübasyon oranı sağlamakta ve özellikle apne epizodları yüksek olan prematürelde tercih edilmektedir [17]. İnvaziv ventilasyona geçiş kararı, 'akciğeri koruyucu ventilasyon' prensipleriyle (düşük tidal volüm 4-6 mL/kg, optimal PEEP) verilmelidir [31].

6. Yenidoğanın Pulmoner Değerlendirmeleri

Yenidoğanın pulmoner değerlendirmesi, solunum problemlerinin erken tanımlanması, tedavinin yönlendirilmesi ve pulmoner rehabilitasyonun planlanması açısından kritik öneme sahiptir. Yenidoğan akciğerinin anatomik ve fizyolojik olarak olgunlaşmamış olması, değerlendirme yöntemlerinin yetişkinlerden farklı, daha hassas ve klinik duruma göre uyarlanmasını gerektirir. Modern neonatoloji pratiğinde fiziksel değerlendirme, izlem parametreleri, görüntüleme ve gelişmiş fizyolojik ölçümler bir arada kullanılmaktadır.

6.1. Fiziksel Değerlendirme: Görü, Palpasyon, Perküsyon, Oskültasyon

Fiziksel muayene, yenidoğanın solunum fonksiyonunun değerlendirilmesinde ilk ve en temel basamaktır. Görsel değerlendirmede taşipne, retraksiyonlar, nazal flaring, paradoksal solunum ve siyanoz gibi bulgular incelenir. Palpasyon, göğüs simetrisi ve hava akımının değerlendirilmesine katkı sağlar. Yenidoğanlarda perküsyon sınırlı bilgi verse de hipersonorite veya matite gibi bulgular pnömotoraks ya da atelektazi hakkında fikir verebilir. Oskültasyon ise solunum seslerinin kalitesi, kreptasyon, raller ve wheezing gibi bulgularla patolojiye yönlendirir. Son literatürde, neonatologlar tarafından yapılan standardize fizik muayenenin tanısal doğruluğunun oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir [40].

6.2. Vital Bulgular ve Solunum Paterni Analizi

Yenidoğan değerlendirmesinde solunum sayısı, kalp hızı, oksijen satürasyonu ve vücut ısısı temel vital parametrelerdir. Normal solunum sayısı dakikada 30–60 arasındadır; bu değerlerin üzerindeki artış respiratuar distresin erken göstergesidir. Solunum paterni analizi, apne epizodları, düzensiz solunum ve grunting gibi bulguların tanımlanmasını sağlar. Prematürelerde apne-insidansının yüksek olması nedeniyle sürekli monitörizasyon gereklidir. Pulse oksimetre kullanımı, güncel rehberlere göre NICU'da izlem standartlarının ayrılmaz bir parçasıdır [41].

6.3. Kan Gazları ve Laboratuvar Değerlendirmeleri

Arteriyel, kapiller ya da venöz kan gazı analizi; oksijenlenme, ventilasyon ve asit-baz dengesi hakkında kritik bilgiler sunar. pH düşüklüğü, hiperkapni veya hipoksemi klinik kötüleşmenin önemli göstergeleridir. Özellikle RDS, sepsis ve pulmoner hipertansiyon gibi durumlarda kan gazı izlemi tedavi yönetimini doğrudan etkiler. Laktat düzeyi, doku perfüzyonunun bir

biyobelirteci olarak değer kazanmıştır. Son 10 yıldaki çalışmalar, kan gazı trendlerinin tekil değerlere göre daha prognostik olduğunu göstermiştir [42].

6.4. Akciğer Grafisi ve Görüntüleme

Akciğer grafisi yenidoğanda en sık kullanılan görüntüleme yöntemidir. RDS, TTN, MAS, pnömoni, pnömotoraks ve BPD gibi birçok durumun tanısında değerli bilgiler sunar. Ultrason ise son yıllarda yenidoğan akciğer değerlendirmesinde yükselen bir teknoloji haline gelmiştir. Lung ultrasound (LUS), atelettazi, pleural effüzyon, interstisyel sendromlar ve pnömotoraksın hassas tanısında yüksek doğruluk göstermektedir [27]. Literatür, LUS'un radyografiye kıyasla daha hızlı, güvenli ve iyonize radyasyonsuz oluşu nedeniyle NICU'da yaygınlaşması gerektiğini vurgulamaktadır.

6.5. Sürfaktan Fonksiyon Değerlendirmeleri

Sürfaktan eksikliği prematüre bebeklerde solunum yetmezliğinin temel nedenlerinden biridir. Doğrudan sürfaktan fonksiyonunu ölçmek klinik pratikte zor olsa da, sürfaktan yetersizliği genellikle klinik tablo ve görüntüleme bulgularıyla değerlendirilir. Son yıllarda amniyon sıvısı ve trakeal aspirat örneklerinde sürfaktan protein düzeylerinin analizi üzerine yapılan çalışmalar, bu yöntemlerin gelecekte rutin kullanım alanı bulabileceğini göstermektedir [43].

6.6. Pulmoner Fonksiyon Testlerinin Pediyatrik Versiyonları

Klasik spirometri yenidoğanlarda uygulanabilir olmasa da, yenidoğan için uyarlanmış pasif solunum mekanik ölçümleri ve tidal solunum analizi kullanılabilmektedir. Tidal solunum volüm eğrileri, direnç ve kompliyans ölçümleri, özellikle prematürelerde akciğer gelişiminin izlenmesinde değerlidir. Multiple-breath washout (MBW) tekniği ile fonksiyonel rezidüel kapasite ve gaz dağılım homojenliği değerlendirilebilmektedir [44]. Bu testler özellikle BPD'nin derecesinin belirlenmesinde yararlıdır.

6.7. Fizyoterapik Değerlendirme Parametreleri

Pulmoner rehabilitasyon planlamasında fizyoterapistin yaptığı değerlendirme büyük önem taşır. Sekresyon miktarı ve viskozitesi, göğüs kafesi hareketlerinin simetrisi, solunum kas aktivasyonu ve postür analizi fizyoterapik değerlendirmenin temel bileşenleridir. Fizyoterapistler ayrıca pozisyonlama yanıtını, solunum paterni değişikliklerini ve müdahaleye verilen fizyolojik tepkileri kaydeder. Güncel literatür, fizyoterapi değerlendirmesinin özellikle BPD ve RDS'li bebeklerde klinik sonuçları iyileştirdiğini göstermektedir [45].

7. Akciğer Hacmini Artıran Yöntemler

Yenidoğanın akciğer hacmini artırmaya yönelik müdahaleler, özellikle prematüre bebeklerde fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRC) düşük olması ve alveoler instabilitenin artmış olması nedeniyle klinik açıdan büyük önem taşır. Akciğer hacminin korunması ve artırılması, oksijenlenmeyi iyileştirir, atelektaziye azaltır ve ventilatör ilişkili akciğer hasarını (VILI) önler. Bu bölümde akciğer hacmini optimize eden başlıca fizyoterapötik ve solunum destek yöntemleri, güncel bilimsel veriler eşliğinde ele alınmaktadır.

7.1. Pozisyonlama ile Akciğer Volüm Optimizasyonu

Pozisyonlama, yenidoğanın akciğer hacmini artırmada en temel ve en güvenli yöntemlerden biridir. Prone (yüzüstü) pozisyonun özellikle prematürelerde oksijenlenmeyi artırdığı, dorsal bölgelerdeki atelektaziye azalttığı ve diyafram hareketlerini optimize ettiği bildirilmiştir [46]. Lateral pozisyonlama ise unilateral patolojilerde özellikle tercih edilir. Güncel çalışmalar, prone pozisyonunun CPAP veya HFNC ile birlikte uygulandığında FRC üzerinde daha belirgin iyileşme sağladığını göstermektedir [47]. Bununla birlikte pozisyonlama sırasında termal stabilite ve monitörizasyonun dikkatle korunması gerekmektedir.

7.2. Nazal CPAP ve Volüm Artışı

Nazal CPAP, alveollerin açık kalmasını sağlayarak FRC'yi artıran etkili bir non-invaziv destek yöntemidir. CPAP, PEEP benzeri bir basınç oluşturarak ekspiryum sonunda alveoler kollapsı engeller ve volüm stabilizasyonu sağlar. Prematüre bebeklerde erken CPAP uygulamasının entübasyon ihtiyacını azalttığı ve daha iyi alveoler gelişim sağladığı literatür tarafından doğrulanmıştır [28]. Ayrıca CPAP'ın, özellikle RDS ve TTN olgularında torasik genişlemeyi artırarak solunum kaslarının iş yükünü azalttığı bildirilmiştir.

7.3. Sustained Inflation Teknikleri

Sustained Inflation (SI), doğumdan hemen sonra akciğerlerin hızlı bir şekilde genişletilmesini sağlayan kısa süreli yüksek basınç uygulamasıdır. Amaç, sıvı dolu alveollerin hava ile yer değiştirmesini kolaylaştırmak ve stabil bir FRC oluşturmaktır. Ancak son yıllarda yapılan geniş ölçekli randomize kontrollü çalışmalar, SI'nın rutin kullanımının önerilmediğini; özellikle prematürelerde beyin kanaması riskini artırabileceğini göstermiştir [48]. Bu nedenle SI yalnızca seçilmiş olgularda ve deneyimli klinisyenler tarafından dikkatle uygulanmalıdır.

7.4. İncentive Benzeri Yenidoğan Uyarlanmış Yöntemler

Yenidoğanlarda klasik “incentive spirometri” uygulanamasa da, benzer mekanizmaları kullanan pasif volüm artırıcı teknikler vardır. Nazofarengeal basınç desteği, kontrollü göğüs genişletme manevraları ve solunum paterni fasilitasyonu gibi yöntemler, alveoler ventilasyonun iyileştirilmesine katkı sağlar. Prematürelerde yapılan çalışmalar, yumuşak fizyoterapi manevralarının torasik hareketliliği artırarak tidal volümü iyileştirdiğini göstermektedir [49].

7.5. Göğüs Fizyoterapi Teknikleri (Gently Chest Expansion Maneuvers)

Göğüs fizyoterapisi, özellikle volüm kaybı riskinin yüksek olduğu bebeklerde akciğer genişlemesini destekleyici bir rol oynar. Yumuşak manuel göğüs genişletme teknikleri, diyafram hareketlerini kolaylaştırır ve torasik kompliansı artırır. Güncel literatür, yenidoğanlarda agresif perküsyon ve vibrasyon tekniklerinden kaçınılması gerektiğini, bunun yerine nazik mobilizasyon ve postüral drenaj uygulamalarının daha güvenli olduğunu vurgulamaktadır [50]. Bu yöntemler, özellikle sekresyon birikimi ve atelektazi gelişme riski olan olgularda önerilmektedir.

7.6. Early Mobility / Minimal Handling Yaklaşımları

Minimal handling yaklaşımı, solunum stabilitesinin korunması için gereksiz manipülasyonlardan kaçınmayı hedefler. Bununla birlikte, uygun aralıklarla yapılan nazik mobilizasyon ve pozisyon değişikliklerinin akciğer volümünü artırdığı ve oksijenlenmeyi iyileştirdiği gösterilmiştir. Erken mobilizasyon, kas tonusunu düzenler, diyafram aktivitesini destekler ve uzun süreli yatmaya bağlı volüm kaybını önler [51]. Prematürelerde aşırı manipülasyon hipoksemi ve bradikardiye yol açabileceği için uygulamalar kontrollü olmalıdır.

8. Sekresyonu Temizleyen Yöntemler

Yenidoğanlar, özellikle prematüre bebekler, solunum yollarında sekresyon birikimine yatkındır. Bunun nedeni immatür siliyer fonksiyon, düşük öksürük etkinliği, dar hava yolları ve yoğun bakım koşullarında nemlendirilmiş hava kullanımının sınırlı olmasıdır. Sekresyonların etkili şekilde temizlenememesi; atelektazi, hipoksemi, artmış solunum işi ve enfeksiyon riskine yol açabileceği için uygun ve güvenli temizleme yöntemleri pulmoner rehabilitasyonun önemli bir bileşenidir. Bu bölümde manuel teknikler, mekanik yardımcılar, solunum paterni optimizasyonu ve farmakolojik yaklaşımlar literatür eşliğinde ele alınmaktadır.

8.1. Manuel Teknikler

Yumuşak Perküsyon

Yenidoğanlarda agresif perküsyon önerilmemekte olup, düşük amplitüdlü ve ritmik dokunuşlarla uygulanan yumuşak perküsyon sekresyon mobilizasyonuna yardımcı olabilir. Literatür, nazik perküsyonun sekresyonu gevşetmede etkili olduğunu ancak aşırı güç uygulanmasının intrakraniyal basıncı artırma ve vital instabilite riskini artırabileceğini belirtmektedir[32].

Vibrasyon

Elle yapılan yumuşak vibrasyon teknikleri, ekspiratuar fazda toraksa hafif titreşim verilmesiyle sekresyonların büyük hava yollarına yönlendirilmesini sağlar. 2020 sonrası yayınlar, vibrasyonun prematürelerde kalp hızı ve oksijen saturasyonu üzerinde anlamlı bir olumsuz etkisi olmadığını göstermektedir [52].

Pozisyonel Drenaj

Yer çekimi etkisinden yararlanarak sekresyonların daha geniş hava yollarına taşınmasını hedefler. Ancak yenidoğanlarda baş aşağı Trendelenburg pozisyonunun intrakraniyal basıncı artırabileceği için tercih edilmemesi önerilmektedir. Güncel rehberler, hafif eğimli pozisyonlamaların daha güvenli olduğunu bildirmiştir [52].

8.2. Mekanik Yardımcılar

MI-E (Mechanical Insufflation-Exsufflation)

MI-E cihazları, özellikle ağır nöromusküler hastalığı olan çocuklarda etkili olsa da yenidoğanlarda çok sınırlı kullanım alanı vardır. 2019 sonrası çalışmalar, seçilmiş olgularda düşük basınçlarla uygulandığında sekresyon temizliğinde yarar sağladığını bildirmiş ancak rutin kullanım önerilmemektedir [53].

Nazal Aspirasyon

Yenidoğanlarda en sık kullanılan mekanik yöntemlerden biridir. Burun tıkanıklığı, hava yolu direncini dramatik artırabileceği için nazal aspirasyon oksijenlenmeyi iyileştirir. Tek kullanımlık aspirasyon uçları ve nazik negatif basınç uygulanması önerilir. Aşırı aspirasyonun mukozal irritasyona yol açabileceği için uygulama sıklığı sınırlı olmalıdır [54].

Yüksek Frekanslı Göğüs Duvarı Osilasyonu (HFWO)

HFWO, daha büyük çocuklarda sekresyon mobilizasyonunda etkili bir yöntemdir; ancak yenidoğanlarda veri kısıtlıdır. 2 yaş üstü çocuklarda

etkinliği kanıtlanmış olsa da, prematürelerde göğüs duvarı uyumluluğu nedeniyle önerilmemektedir [55].

8.3. Solunum Paterni Optimizasyonu

Sekresyon temizliğinde etkili bir solunum paterni ile ekspiratuar hava akımının artırılması önemlidir. Yenidoğanlarda aktif öksürük manevraları uygulanamaz; bu nedenle solunum paterni optimizasyonu pasif yöntemlerle desteklenir.

- Diyafram hareketinin fasilasyonu
- Ekspiratuar fazda hafif göğüs sıkıştırma
- Solunum hızını yavaşlatıcı sakinleştirme girişimleri

Bu yöntemlerin tidal volümü iyileştirdiği ve sekresyon mobilizasyonunu artırdığı bildirilmektedir [56].

8.4. Sekresyonu Azaltmaya Yönelik Farmakolojik Yaklaşımlar

Nebülize salın, sekresyonların hidrate edilmesini sağlar ve özellikle viskoz sekresyonlarda yararlı olabilir. Hipertonik salın, bronşiolitli bebeklerde yarar göstermiş olsa da prematürelerde dikkatle kullanılmalıdır. Mukolitik ajanların (örn. N-asetilsistein) yenidoğanlarda etkinliği sınırlıdır ve irritasyon riski vardır [57]. Farmakolojik ajanlar yalnızca klinik gereklilik durumlarında ve dikkatli izlemle uygulanmalıdır.

8.5. Sekresyon Yönetiminde Güvenlik ve Kontrendikasyonlar

Yenidoğanda sekresyon temizleme uygulamalarının temel güvenlik ilkeleri:

- Hemodinamik instabilite varsa manuel tekniklerden kaçınılmalı
- Baş aşağı pozisyonlardan kaçınılmalı
- Oksijen saturasyonu sürekli izlenmeli
- Apne eğilimi olan bebeklerde manipülasyon sınırlı yapılmalı
- Özellikle IVH riski yüksek prematürelerde sert manevralardan uzak durulmalı

Son yıllarda yapılan çalışmalar, nazik ve bireyselleştirilmiş yaklaşımların sekresyon yönetiminde en güvenilir strateji olduğunu vurgulamaktadır [58].

9. Aile Eğitimi ve Ev Programları

Yenidoğan döneminde solunum problemlerinin yönetimi yalnızca hastane içi uygulamalarla sınırlı kalmamakta; taburculuk sonrası aile eğitimi ve ev programları, uzun dönem akciğer sağlığının korunması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle prematüre bebekler, bronkopulmoner displazi (BPD) gelişenler ve kronik solunum desteği gerektiren olgular taburculuk sonrası dönemde yoğun aile desteğine ihtiyaç duyar. Ailelerin solunum egzersizleri, pozisyonlama, evde oksijen cihazlarının güvenli kullanımı ve sekresyon yönetimi konularında eğitilmesi; yeniden hastaneye yatış oranlarını azaltmakta ve yaşam kalitesini artırmaktadır [59]. Bu bölümde aile eğitiminin temel içerikleri ve ev programlarının yapısal bileşenleri güncel literatür ışığında ele alınmaktadır.

9.1. Solunum Egzersizleri

Yenidoğanlarda aktif solunum egzersizleri uygulanamasa da ailelere ritmik solunum paterni oluşturmayı destekleyen pasif egzersizler öğretilir. Diyafram hareketini kolaylaştıran hafif abdominal temas, göğüs duvarının doğal hareketini izlemeyi teşvik eden sakinleştirici teknikler ve uyku-uyanıklık döngüsünün düzenlenmesi solunum iş yükünü azaltır. BPD’li bebeklerde düzenli solunum destek rutinlerinin oksijenlenmeyi iyileştirdiği ve dispneyi azalttığı bildirilmiştir [60].

9.2. Pozisyonlama Eğitimi

Ailelerin doğru pozisyonlama tekniklerini bilmesi, sekresyon yönetimi ve akciğer volüm optimizasyonu için büyük önem taşır. Prone pozisyon, yalnızca gözetim altında uygulanmalı; ani bebek ölümü sendromu (SIDS) riski nedeniyle uyku sırasında önerilmemelidir. Supin pozisyonun uyku için tercih edilmesi gerektiği Amerikan Pediatri Akademisi tarafından güçlü şekilde önerilmektedir [61]. Lateral ve semi-upright pozisyonlar ise reflüsü olan veya solunum sıkıntısı yaşayan bebeklerde yardımcı olabilir. Ailelere pozisyon değişimlerinin ne sıklıkta yapılacağı ve bebeğin tepkilerinin nasıl izleneceği öğretilmelidir.

9.3. Sekresyon Yönetimi Eğitimi

Ev ortamında sekresyon yönetimi, özellikle üst solunum yolu enfeksiyonu riskinin yüksek olduğu kiş aylarında kritik önemdedir. Ailelere aşağıdaki konular öğretilir:

- Burun tıkanıklığı olduğuunda nazal aspirasyonun nazik şekilde uygulanması

- Nemlendiricilerin doğru kullanımı
- Beslenme öncesi ve sonrası pozisyonlama
- Solunum sıkıntısının erken belirtileri (çekilmeler, hızlı solunum, huzursuzluk)

2020 sonrası çalışmalar, aile eğitimine sekresyon yönetimi modülünün eklenmesinin acil başvurularını azalttığını göstermiştir [62].

9.4. Evde Oksijen ve Cihaz Kullanım Eğitimi

BPD'li veya PPHN sonrası taburcu edilen bebekler çoğu zaman evde oksijen desteğine ihtiyaç duyar. Bu nedenle ailelerin oksijen cihazı, pulse oksimetre ve nemlendirici sistemleri doğru kullanmayı öğrenmesi gereklidir. Eğitimde cihaz temizliği, oksijen güvenliği, saturasyon hedef aralıkları ve acil durumlarda izlenecek adımlar yer almalıdır. Evde oksijen tedavisi alan bebeklerin ailelerine yönelik yapılan çalışmalar, kapsamlı eğitim programlarının yeniden hastaneye yatış oranını anlamlı ölçüde düşürdüğünü bildirmiştir [63].

9.5. Ailelerin Psikososyal Destek İhtiyacı

Yenidoğan yoğun bakım süreci aileler için psikolojik olarak yük oluşturur. Taburculuk sonrası dönemde kaygı, yetersizlik hissi ve tükenmişlik sık görülen durumlardır. Psikososyal destek, aile eğitim programlarının ayrılmaz bir bileşeni haline gelmiştir. Son literatür, aile merkezli bakım modellerinin hem klinik sonuçları hem de ebeveynlerin kendine güven düzeyini iyileştirdiğini göstermektedir [64].

9.6. Ev Programlarının Yapılandırılması

Ev programları bebeğin klinik durumuna göre şu bileşenlerden oluşturulur:

- Günlük solunum değerlendirme rutini
- Pozisyonlama planı
- Sekresyon yönetimi rehberi
- Aktiviteler ve uyanklık–uyku döngüsü düzeni
- Beslenme sonrası solunum kontrolü
- Ne zaman sağlık kuruluşuna başvurulacağına yönelik uyarı işaretleri

Ev programlarının düzenli takibi tele-sağlık modelleri ile birleştirildiğinde bakım kalitesinin arttığı bildirilmektedir [65].

10. Klinik Vaka Örnekleri

Yenidoğan döneminde solunumsal problemlerin değerlendirilmesi ve yönetilmesi, klinik bulguların dinamik doğası nedeniyle deneyim gerektirir. Klinik vakalar, pulmoner rehabilitasyon süreçlerinin anlaşılmasını kolaylaştıran değerli öğretim araçlarıdır. Aşağıda yenidoğan yoğun bakımda sık karşılaşılan üç farklı solunum problemi üzerinden klinik senaryolar ve güncel yaklaşımlar ele alınmaktadır.

10.1. Vaka 1: Respiratuar Distres Sendromlu (RDS) Preterm Bebek

Olgu: 29 haftalık gestasyon yaşında, 1200 gram doğan bir preterm bebek doğum sonrası ilk dakikalarda taşipne, burun kanadı solunumu ve inleme (grunting) ile yoğun bakıma kabul edilir. Akciğer grafisinde retikülogranüler görünüm ve “ground glass” opasiteler izlenir.

Değerlendirme: Silverman-Andersen skoru 6 olarak belirlenmiştir. Pulse oksimetre ile SpO₂ %86 civarındadır. Kan gazında pH 7.25, PaCO₂ 58 mmHg bulunmuştur.

Yönetim:

- Erken nazal CPAP 6 cmH₂O ile başlatılmıştır.
- İlk 2 saat içinde LISA yöntemiyle sürfaktan verilmiştir.
- Göğüs fizyoterapisi yalnızca pozisyonlama ve nazik göğüs mobilizasyonu ile sınırlı tutulmuştur.

Literatür, LISA'nın entübasyon ihtiyacını azaltarak BPD gelişimini azalttığını göstermekte, özellikle 30 hafta altı prematürelerde erken kullanım önerilmektedir [66].

Klinik Sonuç: 24 saat içinde oksijen gereksinimi azalmış, CPAP 5 cmH₂O'ya düşürülmüş ve 3. gün HFNC'ye geçiş sağlanmıştır. Bebek stabil seyretnmiştir.

10.2. Vaka 2: Bronkopulmoner Displazili (BPD) Kronik Seyirli İnfant

Olgu: 32 haftalık doğan ve uzun süre mekanik ventilasyon alan bir bebek, 36. haftada oksijen bağımlılığı devam ettiği için BPD tanısı alır. Taburculuk öncesi değerlendirmede interkostal çekilmeler, inleme ve zayıf diyafram hareketleri gözlenir.

Değerlendirme: Solunum paterni düzensizdir; tidal solunum analizi düşük volüm ve hızlı solunum paterni göstermektedir. Aile, evde oksijen tedavisini kullanma konusunda kaygılıdır.

Yönetim:

- Evde oksijen tedavisi için eğitim verilmiştir (hedef SpO₂ %92–95).
- Fizyoterapi programı: pozisyonlama eğitimi, nazik göğüs mobilizasyonu, sekresyon yönetimi.
- Haftalık tele-sağlık görüşmeleri planlanmıştır.
- Beslenme sırasında aspirasyon riskini azaltmak için semi-upright pozisyon önerilmiştir.

Güncel çalışmalar, evde oksijen tedavisi ve aile eğitiminin Readmission oranlarını azalttığını göstermektedir [63].

Klinik Sonuç: Ev programına uyumun yüksek olduğu bebekte 2 ay içinde oksijen gereksinimi giderek azalmış ve 44. hafta postmenstrüel yaşta oksijen kesilmiştir.

10.3. Vaka 3: Pnömonisi Olan Term Yenidoğan

Olgu: 39 haftalık, 3400 gram doğan bir term bebek doğumdan 12 saat sonra taşipne, hipoksemi ve beslenme güçlüğü ile başvurur. Akciğer grafisinde perihiler infiltrasyonlar gözlenir. Kan kültüründe Grup B streptokok pozitif bulunmuştur.

Değerlendirme: Solunum sayısı 76/dk, SpO₂ %88'dir. Kan gazında laktat yüksek bulunmuştur. Auskültasyonda bilateral ince ralleri mevcuttur.

Yönetim:

- HFNC 6 L/dk ile başlanmıştır.
- Ampirik antibiyotik tedavisi başlatılmıştır.
- Sekresyon yönetimi için nazal aspirasyon ve pozisyonlama kullanılmıştır.
- Vibrasyon veya agresif perküsyon uygulanmamıştır (akut enfeksiyon döneminde önerilmez).
- Beslenme oral olarak tolere edilemediği için NG tüp ile beslenme başlanmıştır.

2020 sonrası yayınlar HFNC'nin yenidoğan pnömonisinde oksijenlenmeyi iyileştirmede CPAP'a yakın etkinlik gösterdiğini belirtmektedir[67].

Klinik Sonuç: 72 saat sonunda solunum hızı 50/dk'ya dūřmūř, oksijen gereksinimi azalmıř ve bebek 6. gūnde tamamen stabilize olmuřtur.

SONUÇ

Yenidoėan dōneminde pulmoner problemlerin yōnetimi, multidisipliner yaklařımların eř zamanlı uygulanmasını gerektiren karmařık bir sūretir. Embriyolojik geliřimden bařlayarak doėum sonrası adaptasyon mekanizmalarının anlařılması, bu sūrete gōrūlen solunum sorunlarının kōkenine inmede temel bir ereve sunmaktadır. Prematūre bebeklerde gōrūlen RDS ve BPD gibi kronik akciėer hastalıkları ile term bebeklerde gōzlenen pnōmoni, mekonyum aspirasyon veya persistan pulmoner hipertansiyon gibi klinik tablolar, spesifik deėerlendirme ve tedavi protokolleri gerektirmektedir. Bu nedenle pulmoner rehabilitasyon uygulamaları, yenidoėan saėlğında yalnızca destekleyici deėil, tedavi edici ve koruyucu bir unsur haline gelmiřtir.

Pulmoner rehabilitasyonun yenidoğanlara uyarlanmış biçimi; nazik manuel teknikler, pozisyonlama stratejileri, solunum paterni optimizasyonu, sekresyon yōnetimi ve non-invaziv solunum desteğinin etkin bir şekilde kullanımı ūzerine kuruludur. Klinik uygulamalar, bu yōntemlerin oksijenlenmeyi artırdığı, akciğer hacmini stabilize ettiği, ventilatōr ilişkili komplikasyonları azalttığı ve genel iyileşme sūrecini hızlandırdığını gōstermektedir. Aynı zamanda aile eğitimi ve ev programlarının taburculuk sonrası dōnemde solunum stabilitesinin korunmasında kilit rol oynadığı ortaya konmuştur. Ailelerin bakım sūrecine aktif katılımı, yeniden hastaneye yatış oranlarını azaltmakta ve uzun dōnem akciğer sağlğını desteklemektedir.

Sonuç olarak, yenidoėan dōnemi için hazırlanmıř kanıta dayalı pulmoner rehabilitasyon yaklařımları, klinik sonuçları iyileřtiren, komplikasyonları azaltan ve yařam kalitesini artıran etkili stratejiler sunmaktadır. Bu kitap bōlümü, gūncel literatūr ve klinik uygulamaların harmanlanmasıyla oluřturulmuř kapsamlı bir rehber niteliėindedir. Neonatal saėlğın geliřtirilmesine yōnelik yenilikçi tekniklerin ve aile merkezli bakım modellerinin önümüzdeki yıllarda daha da önem kazanacaėı ūngōrūlmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yenidoėan, pulmoner rehabilitasyon, solunum fizyoterapisi, prematūre, bronkopulmoner displazi, solunum desteėi, neonatal yoėun bakım.

Kaynaklar

1. Baguma-Nibasheka M, Kablar B. Mechanics of lung development. In: Roles of Skeletal Muscle in Organ Development. Springer; 2023. p.131–150.
2. Danopoulos S, et al. FGF18 promotes human lung branching morphogenesis through regulating mesenchymal progenitor cells. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2023;324(4):L433–L444.
3. Lv YQ, et al. FGF10 and lipofibroblasts in lung homeostasis and disease: insights gained from adipocytes. *Front Cell Dev Biol.* 2021;9:645400.
4. Schittny JC. Alveolar development. In: *The Lung*. Elsevier; 2025. p.13–27.
5. Halliday HL, Speer CP. Sharing Progress in Neonatology: Oxygen and Surfactant, Optimal Ventilation, Pulmonary Hypertension, Diagnostic Procedures, and Definition of BPD. *Neonatology.* 2021;118(2):207–210.
6. Li C, Guan T. Pulmonary function and physical performance in adolescent e-cigarette users: a review. *Front Public Health.* 2025;13:1703712.
7. Singh J, et al. Surfactant protein disorders in childhood interstitial lung disease. *Eur J Pediatr.* 2021;180(9):2711–2721.
8. Dankhara N, et al. Bronchopulmonary dysplasia: pathogenesis and pathophysiology. *J Clin Med.* 2023;12(13):4207.
9. Sintim-Damoa A, Cohen HL. Fetal imaging of congenital lung lesions with postnatal correlation. *Pediatr Radiol.* 2022;52(10):1921–1934.
10. Yaremenko AV, et al. Association of fetal lung development disorders with adult diseases. *J Pers Med.* 2024;14(4):368.
11. Joseph V, Bairam A, Carroll JL. Control of breathing during sleep and wakefulness in the fetus, newborn, and child. In: *Pediatric Sleep Medicine*. Springer; 2021. p.19–31.
12. Dassios T, Verveniotti A, Dimitriou G. Respiratory muscle function in the newborn. *Pediatr Res.* 2022;91(4):795–803.
13. Kollisch-Singule M, et al. Mechanical ventilation in pediatric and neonatal patients. *Front Physiol.* 2022;12:805620.
14. Fan Z, Laishuan W, Yahui Z. Mitochondria as the central regulator of cell death in bronchopulmonary dysplasia. *Front Physiol.* 2025;16:1685526.
15. Dixon KL, et al. Neonatal thermoregulation: a golden hour protocol update. *Adv Neonatal Care.* 2021;21(4):280–288.
16. Powell WT, Liptzin DR. Physiology and Pathophysiology of the Lungs in the Fetus, Newborn, and Young Child. In: *The Lungs at the Extremes of Environment and Age*. Springer; 2025. p.109–126.
17. Ramaswamy VV, Devi R, Kumar G. Non-invasive ventilation in neonates: a literature review. *Front Pediatr.* 2023;11:1248836.

18. Stock S, Thomson A, Papworth S. Antenatal corticosteroids to reduce neonatal morbidity and mortality. *BJOG*. 2022;129(8).
19. Carnielli V, et al. European consensus guidelines on the management of respiratory distress syndrome: 2022 update. *Neonatology*. 2023;120(1):3–23.
20. Osman A, et al. Meconium aspiration syndrome: a comprehensive review. *J Perinatol*. 2023;43(10):1211–1221.
21. Luo S, et al. Risk factors for meconium aspiration syndrome in newborns: a meta-analysis. *Pediatr Med*. 2023;6.
22. Ivy D, et al. Challenges of neonatal and pediatric pulmonary hypertension. *Eur Respir J*. 2024;64(4).
23. Di Filippo P, et al. Lifelong lung sequelae of prematurity. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(9):5273.
24. Salimi U, et al. Postnatal sepsis and bronchopulmonary dysplasia in premature infants. *Am J Respir Cell Mol Biol*. 2022;66(2):137–145.
25. Alriyami A, Kiger JR, Hooven TA. Ventilator-associated pneumonia in NICU. *NeoReviews*. 2022;23(7):e448–e461.
26. Kastein K, Coe K. Management of air leaks in the newborn. *Adv Neonatal Care*. 2023;23(2):160–166.
27. Raimondi F, et al. Lung ultrasound score in neonatal RDS. *Pediatrics*. 2021;147(4):e2020030528.
28. Subramaniam P, Ho JJ, Davis PG. Early CPAP for preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021;10.
29. Keszler M. Novel ventilation strategies to reduce pulmonary outcomes. *Clin Perinatol*. 2022;49(1):219–242.
30. Diggikar S, et al. Surfactant therapy: which infant, when, what dose, and which route? *Semin Fetal Neonatal Med*. 2024.
31. Kalikkot Thekkevedu R, et al. Ventilation-induced lung injury in neonates. *J Clin Med*. 2022;11(3):557.
32. Igual Blasco A, et al. Effects of chest physiotherapy in preterm infants with RDS. *Healthcare*. 2023;12.
33. Bhurawala H. Optimal oxygen levels for preterm infant resuscitation. *JAMA Pediatr*. 2024;178(12):1377.
34. Mamidi RR, McEvoy CT. Oxygen in the neonatal ICU: current perspectives. *Front Pediatr*. 2024;12:1371710.
35. Sweet DG, et al. European consensus guidelines on RDS. *Neonatology*. 2023;120(1):3–23.
36. Zhao X, Qin Q, Zhang X. HFNC vs CPAP in young children. *Front Pediatr*. 2021;9:759297.

37. Angurana SK, Sudeep K, Prasad S. Ventilator-induced lung injury in children. *J Pediatr Crit Care*. 2023;10(3):107–114.
38. Ackermann BW, et al. High-frequency ventilation in neonates. *Pediatr Res*. 2023;93(7):1810–1818.
39. Procopiuc L, et al. Severe neonatal respiratory failure outcomes. *Pediatr Crit Care Med*. 2025;26(11):e1351–e1359.
40. Dolby L, Campbell D. *Physical Examination of the Newborn*. Wiley; 2025.
41. Fuerch JH, et al. Respiratory function monitoring during neonatal resuscitation. *Resuscitation Plus*. 2022;12:100327.
42. Haris M, et al. Neonatal blood gases and outcomes. *Pak-Euro J Med Life Sci*. 2024;7(Suppl 2):S331–S336.
43. Ng EH, Shah V. Guidelines for surfactant replacement therapy. *Paediatr Child Health*. 2021;26(1):35–41.
44. Bhakta NR, et al. Race and ethnicity in pulmonary function test interpretation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2023;207(8):978–995.
45. Almahmoud A, et al. Comprehensive care strategies for hypoplastic lung disease. *J Med Life Sci*. 2025.
46. Loi B, et al. Respiratory and haemodynamic effects of pronation in neonates. *EClinicalMedicine*. 2023;55.
47. Wu HL, et al. Prone position with CPAP in preventing extubation failure. *Respir Care*. 2023;68(2):241–246.
48. Foglia EE, et al. Sustained inflation vs IPPV for preterm infants at birth. *J Pediatr*. 2021;239:150–154.e1.
49. Shkurka E, et al. Chest physiotherapy for mechanically ventilated children. *J Pediatr Intensive Care*. 2024;13(2):109–118.
50. Rodríguez-Roza P, et al. Respiratory physiotherapy in preterm neonates. 2025.
51. Morris H, et al. Early progressive mobility in severe BPD. *J Perinatol*. 2024.
52. Heneidy WE, et al. Chest physical therapy for pneumonia in preterm neonates. *Delta Univ Sci J*. 2025;8(1):204–210.
53. Sanad R, et al. Effect of cough assist device in pneumonic children. *Bull Fac Phys Ther*. 2021;26(1):31.
54. Alvo A, Villarroel G, Sedano C. Neonatal nasal obstruction. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2021;278(10):3605–3611.
55. Raywood E, et al. Airway clearance quality in cystic fibrosis. *J Cyst Fibros*. 2023;22(2):344–351.
56. Kaltsogianni O, Dassios T, Greenough A. Neonatal respiratory support strategies. *Front Pediatr*. 2023;11:1212074.
57. Tiddens HA, et al. Effect of inhaled hypertonic saline in cystic fibrosis. *Lancet Respir Med*. 2022;10(7):669–678.

58. Simoes EA, et al. Efficacy of nirsevimab against RSV. *Lancet Child Adolesc Health*. 2023;7(3):180–189.
59. Franck LS, et al. Neonatal outcomes in family-integrated care. *BMC Pediatr*. 2022;22:674.
60. Jensen EA, et al. Corticosteroid therapy outcomes in extremely preterm infants. *JAMA Netw Open*. 2023;6(5):e2312277.
- 61.
62. Moon RY, et al. Sleep-related infant death recommendations. *Pediatrics*. 2022;150(1).
63. High MS, et al. Parent education programs for children with invasive ventilation. *J Pediatr Nurs*. 2022;66:160–170.
64. Fitzgerald DA. Home oxygen in BPD infants: weaning challenges. *Paediatr Respir Rev*. 2023;47:11–15.
65. Ginsberg KH, et al. Psychosocial support in NICU parents. *J Pediatr*. 2023;259:113456.
66. Façal AVB, et al. Telehealth for chronic pulmonary disease in children. *Rev Paul Pediatr*. 2023;42:e2024111.
67. Härtel C, et al. Less invasive surfactant administration for preterm infants. *Neonatology*. 2024;121(5):584–595.
68. Hodgson KA, et al. Nasal high-flow therapy during neonatal intubation. *N Engl J Med*. 2022;386(17):1627–1637.

Sağlık Alanında Güncel Yaklaşımlar

Editörler:

Prof. Dr. Papatya KARAKURT

Doç. Dr. Meryem FIRAT