

Çok Disiplinli Sağlık Bilimlerinde Özel Güncel Konular

Editor: Prof. Dr. Ali BİLGİLİ



ÖZGÜR
YAYINLARI

Çok Disiplinli Sağlık Bilimlerinde Özel Güncel Konular

Editör:

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

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

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozgurayinlari.com

✉ info@ozgurayinlari.com

Çok Disiplinli Sağlık Bilimlerinde Özel Güncel Konular

Editör: Prof. Dr. Ali BİLGİLİ

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): 978-625-5757-21-0

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub891>



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:

Bilgili, A. (ed) (2025). *Çok Disiplinli Sağlık Bilimlerinde Özel Güncel Konular*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub891>. 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.ozgurayinlari.com/>



Ön Söz

Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.), Fabaceae familyasına mensup, karakteristik kokuya ve tada sahip önemli bir tıbbi ve aromatik bitki türüdür. Bu kitap bölümünde çemen otu bitkisinin biyolojik etkileri, kullanım alanları ve gelecekte kullanım potansiyeli üzerinde duruldu.

Phoenixin, 2013 yılında tanımlanan bir nöropeptittir ve özellikle hipotalamus, hipofiz ve kalp gibi merkezlerde yüksek ekspresyon düzeylerine sahiptir. Çok yönlü fizyolojik etkileri nedeniyle phoenixin, potansiyel terapötik hedeflerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda olmak üzere; phoenixinin yapısı, dağılımı ve fizyolojik etkilerinden bahsedildi.

Pediyatrik palyatif bakım, ciddi ve süregelen hastalığı olan çocuklar ve aileleri için yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen bütüncül bir bakım felsefesidir. Bu bölümde ise palyatif bakımın tanımı, kapsamı, uygulama modelleri ve temel ilkelerine ayrıntılı şekilde yer verildi.

Tele sağlık, uzaktan sağlık hizmeti sunmak için telekomünikasyon ve sanal teknolojilerin kullanımı, anne ve çocuk sağlığı hizmetlerindeki boşlukları doldurmak için bir araç olarak günümüzde yaygın şekilde kabul görmektedir. Bu çalışmada ülkeler arasında tele-sağlık entegrasyonu ile anne ve çocuk sağlığı sonuçlarındaki farklılıklar irdelendi.

Pediyatrik radyoloji, modern tıbbın en hassas ve kritik alanlarından biridir. Çocukluk çağında uygulanan radyolojik görüntüleme yöntemleri, hem tanı hem de tedavi planlamasında belirleyici rol oynamaktadır. Bu bölümde ise özellikle pediyatrik radyolojide radyasyon güvenliği, güncel yaklaşımlar ve stratejilere dikkat çekildi.

Demans, yaşlanan toplumlarda giderek artan bir halk sağlığı sorunudur. Bu kapsamda olmak üzere demansın gelişmesinde risk faktörleri, klinik bulgular, tanı ve sağaltım uygulamaları konusunda kapsamlı bilgiler verildi.

Ortodontik sağaltımlarda ankraj kontrolü, öngörülebilir ve stabil sonuçlar için kritik öneme sahiptir. Bu kitap bölümünde ise ortodontide biyomekanik yeniliklerden mini-implantların tasarımı ve biyomekanik temeller, uygulama alanları ve sağaltım protokolleri, klinik prosedür ve teknik ipuçları, biyomekanik avantajlar ve karşılaştırmalar, yeni nesil yaklaşımlar ve gelecek perspektifi, sınırlılıklar ve etik hususlar hakkında detaylı bilgiler verildi.

Vital pulpa sağaltımı, biyolojik dokunun korunmasına odaklanan modern endodonti uygulamalarında en önemli yaklaşımlardan biridir. Belirtilen yaklaşımla endodontistin klinik bakış açısı, sağaltım biçimleri, başarı kriterleri, avantajlar, zorluklar, ileriye dönük perspektiflere değinildi.

İçindekiler

Ön Söz

iii

Bölüm 1

Çemen Otunun Biyoaktif Bileşikleri, Etkileri ve Kullanım Alanları	1
<i>İbrahim Canbey</i>	

Bölüm 2

Phoenixin Hormonu: Yapısı, Dağılımı ve Fizyolojik Etkileri	31
<i>Gözde Arkalı</i>	
<i>Fatma Beril Koçyiğit</i>	
<i>Mehmet Çay</i>	

Bölüm 3

Palyatif Bakımda Çocuk Gelişimi ve Yaşam Kalitesi	49
<i>Sibel Aydın</i>	
<i>Kadriye Özyazıcı</i>	

Bölüm 4

Telehealth and Maternal-Child Health in LMICs: A Multidisciplinary Approach to Improving Life Expectancy	71
<i>Gloria Nnadwa Albassan</i>	

Bölüm 5

Sağlık Bilimlerinde Radyolojinin Yeri: Kuramsal Temelden Klinik Uygulamaya Modern Köprü	87
<i>Davut Ünsal Çapkan</i>	

Bölüm 6

Ortodontide Biyomekanik Yenilikler: Mini-İmplantlar	113
<i>Ömer Faruk Sarı</i>	

Bölüm 7

An Endodontist's Perspective on Vital Pulp Treatments	125
<i>Fatma Selenay Uçış-Yıldız</i>	
<i>Kazım Kaan Yıldız</i>	

Bölüm 8

Birinci Basamakta Demansın Erken Tanısı	135
<i>Harun Köseoğlu</i>	

Çemen Otuğun Biyoaktif Bileşikleri, Etkileri ve Kullanım Alanları

İbrahim Canbey¹

Özet

Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.), Fabaceae familyasına mensup, karakteristik kokuya ve tada sahip önemli bir tıbbi ve aromatik bitki türüdür. Uçucu yağ, sabit yağ, alkaloidler, saponin, tanen, flavonoidler, karbonhidratlar, proteinler, amino asitler, mineraller, vitaminler ve lifleri içeren zengin bir kimyasal bileşime sahiptir. Zengin fitokimyasal bileşimi hem biyolojik özellikleri hem de insan beslenmesi üzerinde etkili olmaktadır. Özellikle antidiyabetik, antimikrobiyal, antienflamatuar, antioksidan, hipokolesterolemik ve hipolipidemik gibi biyolojik özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Sergilemiş olduğu biyolojik özellikler sayesinde geleneksel halk hekimliği de dahil olmak üzere birçok alanda kullanım olanağı bulur. Özellikle karakteristik tadı ve aroması ile gıda sektöründe aroma verici ve doğal fonksiyonel bir gıda katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca baharat olarak yaygın şekilde kullanımının yanı sıra doğal koruyucu olarak kullanım potansiyeline sahip bir türdür. Bunlara ilaveten kozmetik, ilaç, tıp ve yem gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır.

Bu bölümde; bilimsel veriler ışığında, çemen otu bitkisinin kimyasal bileşimi detaylı bir şekilde incelenmiş ve biyolojik etkileri, kullanım alanları ve gelecekteki kullanım potansiyeli üzerinde durulmuştur.

1. Giriş

Bitkisel kaynaklı ürünler, sahip oldukları farmakolojik ve nutrasötik özellikleri sayesinde çeşitli hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde geçmişten günümüze yaygın biçimde kullanılmaya devam etmektedir. Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.), bu özellikleri bünyesinde barındıran çok önemli otsu ve aromatik bitki türlerinden biri olarak bilinmektedir (Visuvanathan vd., 2022).

1 Gıda Yüksek Mühendisi (Doktora Öğrencisi), Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği A.D., ibrahim.canbey.gmuh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2568-0885.

Çemen otu, birçok alanda kullanılan çok önemli bir tıbbi ve aromatik bitki türü olup özellikle bitkinin tohumları ve yaprakları değerlendirilmektedir (Singh vd., 2025). *Trigonella foenum-graecum*'un tohumları ve yaprakları, tıbbi amaçlarla kullanılmak üzere ekstrakt ve toz preparatların hazırlanmasında yaygın biçimde değerlendirilmiştir (ElNour vd., 2015). Bunun yanı sıra antik dönemlerden bu yana önemli bir baharat çeşidi olarak kullanılmaktadır (Syed vd., 2020) tohumları ve yaprakları, birçok ülkede baharat ve yemek hazırlıklarında yaygın şekilde değerlendirilmektedir (Visuvanathan vd., 2022). Belirgin bir aromaya ve hafif bir acılığa sahip olan kuru tohumları; lezzet, aroma ve besin değerini artırmak amacıyla baharat, tatlandırıcı, koruyucu ve çeşni maddesi olarak turşu, filizler, köri ve sebze yemeklerinde kullanılmaktadır (Choudhary vd., 2024). Çemen otu ayrıca diyet lifi içeren değerli bir kaynaktır (Syed vd., 2020).

Çemen otunun nutrasötik ve fizyolojik özellikleri, bitkinin çeşitli fonksiyonel gıda ürünleri ve farmasötik ürünlerin geliştirilmesinde potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilmesine imkan tanımaktadır (Syed vd., 2020; Visuvanathan vd., 2022). *T. foenum-graecum* L. hem insan beslenmesinde gıda maddesi olarak hem de hayvanlar için yem kaynağı şeklinde değerlendirilmektedir (Laila vd., 2022; Singh vd., 2025). Ayrıca bitkinin tohumları; lif, zambak ve diğer fitonutrientler açısından zengindir ve çemen otu tohumundan elde edilen ekstraktlar, diosgenin ve saponin içermekte olup bunlar, fitoterapötik potansiyele sahiptir (Choudhary vd., 2024). Yüksek zambak içeriğine sahip olması, çemen otu tohumlarının farklı gıda ürünlerinin dokusunu değiştirebilme yeteneğinde olmasını sağlamaktadır (Dhull vd., 2024). Bununla birlikte lif, protein ve zambak içeriği, çemen otunun son dönemde gıda stabilizatörü ve emülgatör olarak kullanım olanağı bulmasını sağlamıştır (Visuvanathan vd., 2022; Dhull vd., 2024). Bunlara ilaveten çemen otu, toprağa biyolojik azot katkısı sağlayarak toprak sağlığının iyileştirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Singh vd., 2025).

T. foenum-graecum L., geleneksel tıpta uzun süredir yaygın olarak kullanılan önemli bir drog kaynağıdır (Mandal ve DebMandal, 2016). Çemen otu; saponinler, steroidler, polisakkaritler, alkaloidler, uçucu yağlar (UY'lar), sabit yağlar, proteinler, şekerler, müsilaj ve flavonoidler gibi zengin bir fitokimyasal içeriğe sahip olduğu için tıbbi ve farmasötik öneme sahip bir bitki türüdür (Badawy vd., 2025). Bunun yanı sıra, proteinler, serbest amino asitler (lizin, arjinin), lipidler, vitaminler (A, B₁, C), mineraller (kalsiyum, sodyum) ve galaktomannan lifleri de genel sağlığın desteklenmesinde bitkinin etkinliğini artırmaktadır (Jambor vd., 2025). Bu bileşenler arasında özellikle galaktomannan başta olmak üzere çemen otu polisakkaritleri, glikemik etkilerinden sorumlu temel farmakodinamik bileşenler olarak tanımlanmıştır

(Chi vd., 2025). İmmünolojik, antikanserojenik, antioksidan, antidiyabetik ve hipokolesterolemik aktiviteleri ile bilinmekte olan çemen otu, bu özellikleri sayesinde diyabet ve hiperglisemi gibi hastalıkların tedavisinde değerli bir bitkisel kaynak olarak değerlendirilmektedir (Basu vd., 2017; Badawy vd., 2025). Ayrıca galaktagog (süt arttırıcı) özelliği bulunmaktadır (Gu vd., 2017). Bunun yanı sıra polisakkaritler, bağırsak mikrobiyota kompozisyonunun ve safra asidi metabolizmasının düzenlenmesinde de kritik bir rol oynamaktadır (Chi ve vd., 2025). Bundan başka, antibakteriyel etki göstermekte, mide uyarıcı olarak işlev görmekte ve hipokolesterolemi ile iştahsızlık tedavisinde kullanılmaktadır (Dhull vd., 2024). Bunlara ilaveten kardiyovasküler hastalıklar, karaciğer bozuklukları ve daha birçok sağlık sorununu kapsayan geniş bir hastalık yelpazesinin önlenmesi ve tedavisinde çemen otundan sıklıkla yararlanılmaktadır (Jambor vd., 2025).

Bu çalışmada, bilimsel verilerden faydalanarak çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisinin detaylı bir şekilde fitokimyasal kompozisyonu incelenmiş, bileşimindeki önemli besin unsurları ve bileşikler belirtilmiş; ayrıca, bitkinin biyolojik etkileri ve farklı kullanım alanları üzerinde kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. Bu bağlamda; çemen otu bitkisinin gelecekte yapılacak farklı dallardaki bilimsel çalışmalar için doğal bir kaynak olarak değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

2. Çemen Otunun Tanımı ve Özellikleri

Çemen otu, Fabaceae familyasına ait, çok yönlü özelliklere sahip, tek yıllık (Nahar vd., 2016; Basu vd., 2017; Hanafy ve Akladios, 2018; Badawy vd., 2025), dikotiledon (iki çenekli) ve diploid ($2n = 16$) yapıya sahip kendine döllen bir baklagil bitkisidir (Nahar vd., 2016; Gu vd., 2017; Jambor vd., 2025; Tilahun ve vd., 2025). *T. foenum-graecum* L.'nin kökeni, Antik Yunan'a kadar dayandığından, tür adı olan *foenum-graecum* "Yunan otu" veya "Yunan samanı" anlamına gelmektedir (Syed vd., 2020). Bitkinin cins adı olan *Trigonella* ise, "üç köşeli" anlamına gelen eski Yunanca bir terimden türetilmiş olup bunun üzerinde muhtemelen bitkinin çiçeklerinin üçgenimsi şekli etkili olmuştur (Snehata ve Payal, 2012; Laila vd., 2022).

İngilizce'deki karşılığı "fenugreek" olan çemen otu (Choudhary vd., 2024), ayrıca "kuş ayağı", "Yunan saman tohumu" ve "methi" gibi farklı isimlerle bilinmektedir (Gu vd., 2017; Laila vd., 2022; Visuvanathan vd., 2022). Bunlara ilaveten çemen otunun bazı yaygın bölgesel adları; Moshoseitaro (Yunanca), Shoot (İbranice), Mukhme Shampeet (Farsça), Methika (Sanskritçe), Methiya (Kannada), Menticura (Telugu) ve Uluva (Malayalam) şeklindedir (Choudhary vd., 2024). *T. foenum-graecum*'un kökeninin Doğu

Akdeniz kıyıları, Batı Asya ve Hindistan olduğu bildirilmektedir (Tilahun ve ark., 2025).

T. foenum-graecum L.'nin hem yabani hem de kültüre alınmış formları bulunmaktadır (Snehlata ve Payal, 2012). Günümüzde, başta Hindistan olmak üzere (Badawy et al., 2025); Kuzey Afrika, Güney Asya, Arjantin ve Avustralya'da geniş ölçekte yetiştirilmektedir (Guvd., 2017; Visuvanathan vd., 2022). Çemen otu, ayrıca Akdeniz havzası, Çin, Avrupa'nın belirli bölgeleri ve son yıllarda Kuzey Amerika'da geniş ölçekte yetiştirilmektedir (Badawy et al., 2025). Çemen otu yetiştiriciliği, birçok ülkede gerçekleştirilmesine rağmen, tohum üretimi açısından başlıca ülkeler Hindistan, Etiyopya, Mısır ve Türkiye'dir (Malhotra, 2011). Dünya üretiminin yaklaşık %80'ini karşılayan Hindistan, çemen otunun en büyük üreticisi konumundadır (Visuvanathan vd., 2022). Bunlara ilaveten sayılan ülkelere ticari ölçekte Hindistan, Pakistan, İran, Mısır, Türkiye, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da bitkinin üretimi gerçekleştirilmektedir (Singh vd., 2025). Türkiye'de de yetişen ve aynı zamanda kültürü yapılan bitkinin yetiştirildiği iller; Afyon, Ankara, Çankırı, Gaziantep, Hatay, Kayseri, Kahramanmaraş, Konya, Şanlıurfa ve Tokat'tır (Özdemir ve Gürbüz, 1998).

Çemen otu, ılıman iklimlerde iyi gelişen ve kışlık olarak ekilebilen, kuraklığa ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir bitkidir (Beyzi vd., 2010). Bitki, iyi drene olabilen ve orta düzeyde tekstüre sahip topraklarda yetiştirilmeye elverişlidir. Büyüme için tolere edebildiği pH aralığı, 5,3 ila 8,2 arasında değişmektedir (Snehlata ve Payal, 2012). Çemen otunun yetiştiriciliği; orta veya düşük düzeyde yağışların olduğu ve serin bir gelişim dönemi geçirebileceği aşırı sıcaklıkların olmadığı bölgelerle sınırlıdır (Malhotra, 2011). Optimum gelişim için tam güneş ışığına ihtiyaç duymakta olup kurak dönemlerde düzenli sulama gerektirmektedir (Snehlata ve Payal, 2012). -10 °C ila -15 °C'ye kadar don koşullarına tolerans gösterebilmektedir (Malhotra, 2011). Çemen otu, Türkiye'nin sıcak bölgelerinde kış aylarında veya erken ilkbaharda yetiştirilmektedir. Soğuk bölgelerinde ise, bitkinin yazlık olarak yetiştirilmesi sağlanmaktadır (Beyzi vd., 2010).

Çemen otunun verimi; uygun yetiştirme, sulama ve hasat uygulamalarının etkin şekilde yönetilmesiyle nicelik ve nitelik açısından önemli ölçüde artırılabilir (Gu vd., 2017). Çemen otunda yaprak kesimi hem tohum verimini hem de farklı alanlarda değerlendirilmek üzere yeşil yaprak üretimini artırmak açısından faydalı bir uygulamadır. Bir veya iki yaprak kesimi sayesinde, daha yüksek düzeyde tohum verimi sağlanabilir. Çiftçiler arasında, tohum üretimi amacıyla birkaç yaprak kesimi bırakmak yaygın

bir uygulamadır. Erken dönemde yapılan yaprak toplama, tohum ekiminde çiftçilere ek gelir sağlayabilmektedir (Talaviya ve Patel, 2025).

Çemen otu, geçmişte olduğu gibi günümüzde de dünyanın farklı bölgelerinde gıda ve baharat olarak yaygın biçimde tüketilen önemli bir bitkisel kaynaktır (Snehlata ve Payal, 2012). Küresel ölçekteki bu yüksek tüketim oranı, bitkinin özellikle tohum baharatı olarak dünya genelinde geniş çapta yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır (Singh vd., 2025).

Çemen otu tohumları ve bitkisel kısımları, kendine özgü aroması ve hafif acımsı tadıyla karakterize edilmektedir (Malhotra, 2011; Bouhenni vd., 2021). Bitki, belirgin bir tat ve aromaya sahip olup dokunulduğunda, elde kalıcı nitelikte baharatımsı bir koku yaymaktadır (Snehlata ve Payal, 2012). Bu güçlü aroma ve tat özellikleri, çemen otunun gıda hazırlığında baharat ve aroma verici bir bileşen olarak kullanılabilirliğini artırmaktadır (Mandal ve DebMandal, 2016). Özellikle tohumları; kendine has keskin kokusu ile tanımlanmakta ve gıdaların tat, renk ve aromasını belirgin biçimde etkileyerek yetiştirildiği bölgelerde mutfak uygulamalarında yüksek düzeyde tercih edilmektedir (Gu vd., 2017).

T. foenum-graecum, dikey gelişim gösteren, tüylü yapıya sahip olan ve 30 cm ile 60 cm yüksekliğe ulaşabilen bir türdür (Beyzi vd., 2010; Snehlata ve Payal, 2012). Bir diğer kaynakta, bitkinin boyunun 20 cm ile 130 cm arasında değişim gösterdiği ifade edilmiştir (Malhotra, 2011). Çemen otu bitkisin gövdesi; dik, dallı, yeşil, düz ve otsu yapıda gelişmektedir (Malhotra, 2011). Gövdeler; kenarları dişli, gri-yeşil renkte, ters yumurta biçimli, üçlü yaprakçıklar taşımaktadır (Snehlata ve Payal, 2012). Yapraklar, teleksi üç yaprakçıklı bir yapı sergilemekte olup kulakçıklar, yaprak sapına bitişik konumdadır. Yaprakçıklar, genellikle dişli kenarlı bir morfolojiye sahip olup damarlar, çoğunlukla dişlerin uçlarına doğru uzanmaktadır (Malhotra, 2011). Yaprakçıklar, yaklaşık 2,5 cm uzunluğuna sahip olup ters yumurtamsı ile ters mızraksı arasında değişen bir şekil sergilemektedir. Kulakçıklar ise, üçgenimsi veya mızraksı formdadırlar (Snehlata ve Payal, 2012). Bunlara ilaveten bitkinin kök sistemi, parmak benzeri çok sayıda uzantıdan oluşan yoğun bir yapıya sahiptir (Snehlata ve Payal, 2012). Kökler, kök nodülleri oluşturarak *Rhizobium* bakterisi ile simbiyotik bir ilişki kurar (Malhotra, 2011).

Bitkinin yaprak koltuklarında yer alan çiçekler; sapsız (sessil), beyaz veya açık sarı renkte olup haziran ile temmuz ayları arasında açmaktadır. Meyveleri ise; ince kılıç şeklinde, 10 cm ile 15 cm uzunluğunda ve ucu kıvrık gaga benzeri bir yapıya sahiptir (Snehlata ve Payal, 2012). Bu kıvrık yapıdaki meyveler, nadiren düz ve geçici tüylerle kaplıdır. Olgunlaşma ilerledikçe

meyvelerin rengi, yeşil veya açık mor renkten kahverengi ya da sarımsı kahverengiye döner (Malhotra, 2011). Her meyve yaklaşık, 10 ila 20 adet tohum içermektedir (Malhotra, 2011; Snehlata ve Payal, 2012).

Çemen otu tohumunun Latince adı, *Foenugraeci semen* olarak ifade edilmektedir (Laila vd., 2022). Dikdörtgensi-yuvarlak formdaki tohumlar, boyut açısından değerlendirildiğinde 3,5 mm – 6 mm uzunluk ve 2,5 mm – 4 mm genişlik aralığında değişmektedir (Malhotra, 2011). Sert yapılı olan bu tohumlar, genellikle sarımsı kahverengi renkte olup ton farklılıkları gösterebilmektedir (Şekil 1) (Snehlata ve Payal, 2012). Bununla birlikte, tür ve varyete özelliklerine bağlı olarak açık gri, kahverengi, zeytin yeşili veya tarçın tonlarında da görülebilmektedir (Malhotra, 2011).



Şekil 1. Çemen otu tohumu örneği.

Tohum, embriyodan iyi gelişmiş bir endosperm tarafından ayrılan tohum kabuğu ile çevrilidir. Endosperm, temel depo organı olarak görev yapmaktadır. Endosperm hücrelerinin büyük çoğunluğu cansızdır ve sitoplazmik içerikleri, galaktomannan olarak adlandırılan depo maddeleri ile doludur ve bu yapılar, fide gelişimini destekler (Malhotra, 2011). Suda bekletildiklerinde endosperm şişerek çevresindeki sıvıya müsilaj salgılar. Ilık suda bekletilen tüm tohumlar, müsilajın şişmesi sonucunda tohum kabuklarını çatlatmakta ve böylece tohumun iç yapısı açığa çıkmaktadır (Snehlata ve Payal, 2012). Endosperm dokusu, tek hücreli canlı bir doku katmanı olan aleuron tabakası ile çevrilidir. Bu tabakadaki hücreler, küçük ve

kalın duvarlı olup aleuron tanelerini içerir ve tohumun çimlenmesi sırasında kaybolur (Malhotra, 2011).

3. Çemen Otunun Biyoaktif Bileşikleri

Çemen otu, kendine has karakteristik keskin kokuda ve acımsı tatta olan, başta gıda sektörü olmak üzere birçok alanda kullanım olanağı bulan ve önemli biyoaktif bileşikleri ve besin öğelerini bünyesinde barındıran önemli bir tıbbi ve aromatik bitki türüdür (Malhotra, 2011; Laila vd., 2022). Bitkinin koku ve tadı; yapraklarda, taze filizlerde ve tohumlarda (öğütülmüş olanlarda) kendini hissettirir ve bunlar, ticari ve biyolojik olarak öneme sahiptir (Malhotra, 2011).

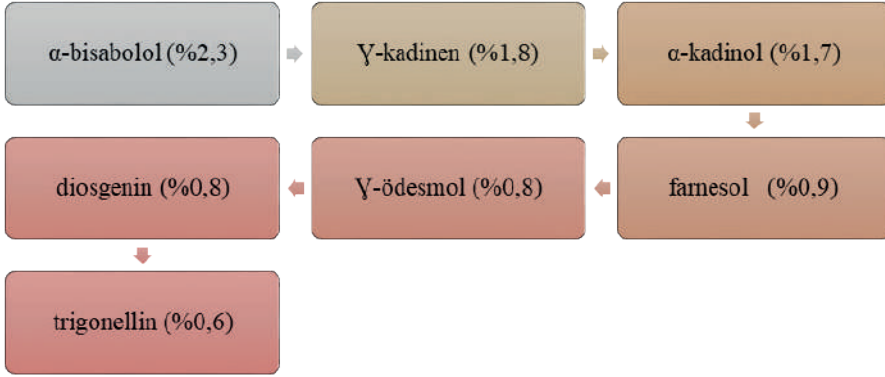
Çemen otunun tohumları ve yaprakları; fitosteroller, fitoöstrojenler, flavonoidler, proteinler, amino asitler ve diğer yararlı fitokimyasalları içermektedir (Folina vd., 2024). Daha detaylı bir şekilde ifade edilirse, çemen otu tohumlarının bileşiminde; karbonhidrat (başlıca müsilajlı lifler/galaktomannanlar), protein (lizin ve triptofan bakımından zengin), sabit yağ, UY (n-alkanlar ve seskiterpenler), alkaloidler (başlıca trigonellin, kolin, karpain vb.), flavonoidler (apigenin, luteolin, orientin, kuersetin, viteksin ve isoviteksin), serbest amino asitler (4-hidroksilizolösin başta olmak üzere arginin, histidin ve lizin), mineraller (kalsiyum ve demir), saponinler (fenugrin B), hidroliz sırasında steroidal sapojenin üreten glikozitler (diosgenin, yamogenin, tigogenin, neotigogenin), kumarin, kolesterol ile sitosterol ve A, B₁, C vitaminleri ile nikotinik asit (niyasin veya B₃ vitamini) bulunmaktadır (Petit-Aldana vd., 2014). Çemen otu bitkisinin yapraklarının bileşiminde ise; nem, protein, yağ, lif, kalsiyum, magnezyum, fosfor, demir, sodyum, potasyum, bakır, selenyum, klor, karoten, tiyamin, riboflavin, nikotinik asit ve C vitamini ile eser miktarda K vitamini bulunmaktadır (Laila vd., 2022).

Çemen otu hem UY hem de sabit yağ içermektedir (Petit-Aldana vd., 2014; Sharma vd., 2017). Bilimsel bir kaynakta ise, tohumlarda %5-%7 oranlarında yağ olduğu belirtilmiştir (Hadi vd., 2018). Başka bir kaynakta ise tohumlarda, %8 oranında karakteristik keskin kokuya sahip sabit yağ bulunduğu belirtilmiştir (Petit-Aldana vd., 2014). Tohumlardaki yağın başlıca yağ asitleri; linoleik, linolenik ve oleik asitlerdir (Hadi vd., 2018). Bilimsel bir kaynakta, majör yağ asitleri olan oleik ve linoleik asitlerin sırasıyla %52 ve %40 oranlarında bulunduğu belirtilmiştir (Gökçe ve Efe, 2016).

Bunlara ilaveten, çemen otunun UY kompozisyonu ile ilgili olarak birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bununla ilgili olarak yapılmış olan bir çalışmada, çemen otunun toprak üstü aksamından elde edilen UY'daki

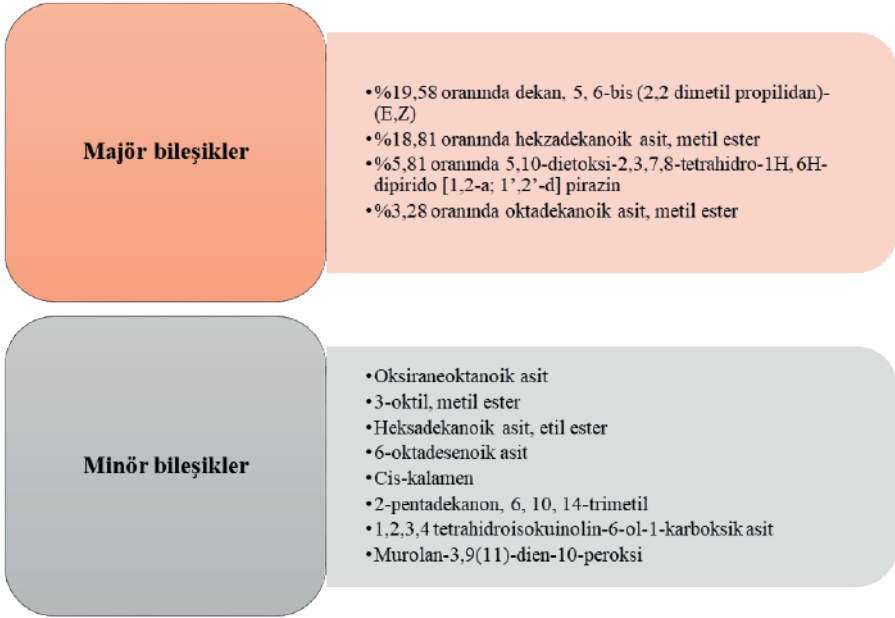
majör bileşenlerin GC-MS sonuçlarına göre; ω -kadinen (%27,6), α -kadinol (%12,1), γ -ödesmol (%11,2) ve α -bisabolol (%10,5) oldukları belirlenmiştir (Ahmadiani vd., 2004).

Başka bir araştırmada, bitkinin toprak üstü aksamı kurutulmuş ve bundan hidrodestilasyon yöntemiyle UY elde edilmiştir. GC-MS sonuçlarına göre UY'daki temel bileşenlerin Şekil 2'deki gibi oldukları tespit edilmiştir (Sohrevardi ve Sohrevardi, 2012).



Şekil 2. Çemen otunun kurutulmuş toprak üstü aksamından elde edilen UY'daki majör bileşenler (Sohrevardi ve Sohrevardi, 2012 kaynağındaki bilgiler ışığında oluşturulmuştur).

Bir diğer araştırmada; bitkinin tohumlarından elde edilen UY'daki majör bileşenlerin Şekil 3'teki gibi oldukları tespit edilmiştir (Nahar vd., 2016).



Şekil 3. Çemen otunun tohumlarından elde edilen majör ve minör UY bileşikleri (Nahar vd., 2016 kaynağındaki bilgiler ışığında oluşturulmuştur).

UY üzerine yapılan başka bir çalışmada; çemen otunun yapraklarından hidrodestilasyonla elde edilen UY'daki majör bileşenlerin GC-FID ve GC-MS sonuçlarına göre; (2E)-hekzenal (%26,61), n-heksadekanoik asit (%10,14) ve (E)-b-iyonon (%7,99) oldukları ve buna ilaveten önemli düzeyde timol (%4,79), 6,10,14-trimetil-2-pentadekanon (%4,59), karvakrol (%3,40), (E)-nerolidol (%3,32) ve (2E,6Z)-nonadienal (%3,30) bulunduğu tespit edilmiştir (Riasat vd., 2017).

Bir diğer araştırmada, çemen otu tohumlarından hidrodestilasyon yöntemi ile elde UY'da GC-MS sonuçlarına göre majör bileşenler olarak; metil palmitat; dekan, 5, 6-bis (2, 2-dimetilpropiliden)-(5E, 6Z)-; dihidro metil jasmonat sırasıyla; (%20,54), (%20,18) ve (%13,47) oranlarında tespit edilmiştir (Attahar vd., 2021).

4. Çemen Otunun Etkileri ve Kullanım Alanları

Çemen otu (*T. foenum-graecum* L.), fitokimyasallar bakımından zengin bir tıbbi ve aromatik bitki türüdür (Folina vd., 2024). Çemen otu tohumları, besin bileşimleri ve içerdikleri biyolojik olarak aktif bileşikler sayesinde çeşitli sağlık destekleyici özellikler sergilemektedir (Laila vd., 2022). Fenolik bileşikler, flavonoidler, karotenoidler, alkaloidler, tanenler, amino asitler ve esansiyel yağ asitleri bakımından zengin bir içerik profiline sahip olan çemen otu; antidiyabetik, antikarsinogenik, hipokolesterolemik, antioksidan ve

immün sistemi güçlendirici özellikleriyle nitelendirilmektedir (Dhull vd., 2021). Tablo 1’de çemen otundaki önemli biyoaktif bileşikler ve bunların biyolojik özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Çemen otundaki biyoaktif bileşikler ve bunları biyolojik etkileri ve aktiviteleri (Naika vd., 2022 kaynağındaki bilgiler ışığında oluşturulmuştur)

Ana bileşik grubu	Biyoaktif bileşenler	Etkiler ve aktiviteler
Uçucu yağ	Öjanol, linalool	Linalool ve öjanol (antienflamatuvar ve antioksidan), linalool (antikanser, analjezik, anksiyolitik ve diğer nöroprotektif özellikler)
Flavonoidler	Kuersetin, rutin, viteksin, isoviteksin	Antienflamatuvar, antimutajenik, antikanser ve antioksidan özellikler
Saponinler	Diosgenin	Kanser, hiperkolesterolemi, iltihaplanma ve çeşitli enfeksiyon türleri gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde yüksek potansiyele sahiptir
Alkaloitler	Trigonellin, glisin-betain	Trigonellin (antibakteriyal, antidişlipidemik, antitümör, antiviral, hipolipidemik ve hipoglisemik, hafızayı güçlendirici, migreni önleyici, sedatif ve sinir koruyucu)
Modifiye amino asitler	4-hidroksiisölösün	Antidiyabetik

Tablo 1’de görüleceği üzere çemen otu; UY’lar, flavonoidler, saponinler, alkaloitler ve aminoasitler gibi ana fitokimyasal grupları içerir ve antienflamatuvar, antihipertansif, analjezik, antimikrobiyal, antioksidan, antiseptik, antikanserojen, antidiyabetik ve hipoglisemik gibi önemli biyolojik özellikler sergiler (Naika vd., 2022; Alu’datt vd., 2024; Abdennebi vd., 2025). Bitkinin önemli biyolojik özellikleri, Şekil 4’te sunulmuştur. Bunlara ilaveten çemen otu tohumlarının karminatif ve galaktagog özellikleri bulunmaktadır (Laila vd., 2022). Yapılan bir çalışmada; çemen otunun iyi bir fenolik bileşen kaynağı olduğu ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Bouhenni vd., 2021). Benzer şekilde, başka bir çalışmada, toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivite arasında güçlü bir korelasyonun olduğu belirlenmiş ve yüksek fenolik madde içeriğinin antioksidan aktiviteyi artırdığı tespit edilmiştir (Korat vd., 2019). Bundan başka, bir diğer çalışmada; çemen otunun yapraklarının

ve saplarının, antibakteriyel ajanlar olarak klinik uygulamalarda önemli fonksiyonlar sergilediği ifade edilmiştir (Sharma vd., 2017).

Antidiyabetik	•Hannan vd., 2007; Bukhari vd., 2008; Mowla vd., 2009; El-Soud vd., 2011; Korat vd., 2019; Hinad vd., 2024; Niu vd., 2025; Rahman vd., 2025
Antimikrobiyal	•Mandal ve DebMandal, 2016; Sharma vd., 2017; Attahar vd., 2021; Singh vd., 2024
Antibakteriyel	•Sharma vd., 2017; Al-Timimi, 2019; Korat vd., 2019; Bouhenni vd., 2021; Alu'datt vd., 2024
Antifungal	•Yadav ve Baquer, 2014; Dharajiya vd., 2016; Omezzine vd., 2017; Sudan vd., 2020
Antioksidan	•Bukhari vd., 2008; Semalty vd., 2009; Korat vd., 2019; Attahar vd., 2021; Bouhenni vd., 2021; Singh vd., 2024
Antitümörijenik, Antikanserojen	•Mandal ve DebMandal, 2016; Al-Timimi, 2019; Korat vd., 2019; Abdennebi vd., 2025

Şekil 4. Çemen otunun bazı önemli biyolojik etkileri.

Çemen otu; gıda, yem, tıp ve kozmetik alanlarında ekonomik değere sahiptir (Malhotra, 2011). Bitkinin tohumları ve vejetatif kısmı, farklı amaçlarla kullanılmaktadır (Gökçe ve Efe, 2016). *T. foenum-graecum* hem mutfak uygulamalarında hem de etnomedikal formülasyonlarda geniş bir kullanım alanına sahiptir (Singh vd., 2024). Çemen otunun geleneksel halk hekimliğinde de kullanımları mevcut olup özellikle ateş düşürücü, balgam söktürücü, boğaz ağrısını giderici, sindirimi kolaylaştırıcı, süt artırıcı ve yaraları iyileştirici olarak bitkiden yararlanılmaktadır (Gökçe ve Efe, 2016). Antik Mısır'da çemen otu, doğum sürecini kolaylaştırmak ve süt akışını artırmak amacıyla kullanılmıştır (Wani ve Kumar, 2018). Ayrıca çemen otunun tohumları; diüretik, karminatif, emenagog (adet söktürücü), afrodizyak ve tonik özellikleri sayesinde geleneksel olarak değerlendirilmektedir (Gacce ve ark., 2010). Bunun yanı sıra çemen otu tohumları, diyabetin kontrolü ve önlenmesi açısından potansiyel bir tedavi kaynağı olarak değerlendirilmektedir

(Laila vd., 2022). Özellikle halk tıbbında diyabetin tedavisinde geleneksel bitkisel ilaç olarak çemen otu tohumundan faydalanılır (Abdennebi vd., 2025). Tohumlar ayrıca kolik, gaz, dizanteri, ishal, dispepsi, kronik öksürük, karaciğer ve dalak büyümesi, raşitizm ve gut gibi durumların tedavisinde kullanılmaktadır (Talaviya ve Patel, 2025). Bundan başka ödem, anoreksiya, romatizma ve anemi gibi çeşitli sağlık sorunlarının tedavisinde de yararlı bir bitkisel kaynak olarak yararlanılmaktadır (Gacce ve ark., 2010). Bunun yanı sıra, dünya genelinde çeşitli geleneksel formülasyonlarda bu bitki, bağışıklık sistemini güçlendirici bir ajan olarak değerlendirilmektedir (Singh vd., 2024). Bitkinin halk hekimliğinde; selülit, çıban ve tüberküloz tedavisinde geleneksel olarak kullanımları da mevcuttur (Wani ve Kumar, 2018). Ayrıca bitkinin tohumları, adet krampları ve diğer adetle ilişkili sorunların hafifletilmesine yardımcı olan antienflamatuvar özellikler sergilemektedir (Laila vd., 2022). Günümüzde modern Mısırlı kadınlar, adet kramplarını hafifletmek ve diğer karın ağrılarını gidermek amacıyla hilba çayı hazırlayarak tüketmeye devam etmektedir (Wani ve Kumar, 2018).

Çemen otu, başlangıçta koku verici olarak kullanılan; günümüzde ise, baharat ve gıda hazırlığında aroma verici katkı maddesi olarak değerlendirilen aromatik bir baklagil bitkisidir (Laila vd., 2022). Çemen otu tohumunun gıdalarda kullanılmasının avantajları arasında; insan sağlığı üzerinde etkili özelliklerinin (antioksidan, kolesterolü düşürücü, diyabet belirtilerini hafifletici, galaktagog, vücut ağırlığını ve obeziteyi azaltıcı vb.) olması, antimikrobiyal etkili olması ve duyuşal özellikleri (renklendirme, tekstüre etme vb.) desteklemesi yer almaktadır (Khorshidian vd., 2016).

Çemen otu tohumları, akçağaç benzeri bir aromaya ve acı bir tada sahiptir. Ancak kavurma işlemi ile bu acılık azaltılabilmekte ve aroma daha da zenginleştirilebilmektedir (Sharma vd., 2017). Karakteristik güçlü ve keskin aroması, kokusu ve lezzeti ile baharat olarak ve gıdaların çeşnilendirilmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Prasad, 2011; Mandal ve DebMandal, 2016). Baharat olarak kullanımında, bitkinin tohumlarının öğütülmesi sağlanır (Şekil 5) ve öğütülmüş halde mutfakta baharat karışımlarında, çorbalarda, salatalarda, güveçlerde, soslarda ve et üzerinde kullanılmaktadır (Gökçe ve Efe, 2016).



Şekil 5. Çemen otu tohumunun öğütülmüş hali.

Çemen otu tohumları, baharat niteliği ile yiyeceklere aroma kazandırır ve turşu ve sebzelerin tatlandırılmasında baharat olarak kullanılır. (Talaviya ve Patel, 2025). Özellikle, Yemen ve Arap Körfezi'nde çemen otu tohumu, temel bir baharat olarak değerlendirilmektedir (Prasad, 2011). Bunun yanı sıra tohumları çiğ veya pişirilmiş şekilde tüketilebilmektedir (Laila vd., 2022). Ayrıca, kurutulup çerez olarak tüketimi de mevcuttur (Gökçe ve Efe, 2016). Özetle, çemen otunun tohumlarının gıda sanayinde ilave edildiği gıda ürünleri, Şekil 6'da gösterilmektedir.

Fırın ürünleri	Et ürünleri
Alkollü içecekler	Şekerlemeler
Çeşni ürünleri	Dondurma
Şurup	Jelatin
Şekerli soslar	Şekerli kremler
Pudingler	Çikletler

Şekil 6. Çemen otu tohumlarının ilave edildiği gıda ürünleri (Gökçe ve Efe, 2016 kaynağındaki bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur).

Çemen otu tohumları, önemli miktarda lif ve protein içeriğine sahip olduğu için dengeli bir besin profiline sahiptir (Laila vd., 2022). İnsanlar, günlük diyet liflerinin %65'inden fazlasını, 100 g çemen otu tohumu aracılığıyla karşılayabilmektedir (Dhull vd., 2024). Tohumlardaki proteinler arasında albümin, globülin, histidin ve lesitin bulunmaktadır (Sharma vd., 2017). Daha da önemlisi, çemen otundan sağlıklı ve besleyici ekstrüde ürünler ile unlu mamullerin geliştirilmesinde faydalanılmaktadır. Bu bağlamda, çemen otu tohumu unu ve çemen otu yaprağı tozu, ekstrüde atıştırma ürünlerinin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Benzer şekilde, çemen otu unu, bisküvi formülasyonuna toplam kaliteyi etkilemeden %10 oranına kadar dahil edilebilmektedir. Bundan başka, ezilmiş çemen otu tohumu veya iri öğütülmüş çemen otu tozu, tereyağı yapımında kullanılan çökelek topraklarının hazırlanmasında kullanılmaktadır. (Wani ve Kumar, 2018)

Baklagiller; insanlar tarafından gıda ürünleri, tıbbi bitkiler, yağ eldesi ve hayvan yemi olarak kullanılan, ekonomik açıdan önemli birçok cinsi kapsamaktadır (Petit-Aldana vd., 2014). Önemli bir baklagil bitkisi olan çemen otunun tohumu gibi yaprakları da sebze ve benzeri şekillerde değerlendirilmektedir (Singh vd., 2023; Dağtekin ve Beyzi, 2024). Bu bağlamda, kurutulmuş yaprakların tozu, çeşitli gıdaların süslenmesinde ve lezzetlendirilmesinde kullanılmaktadır (Talaviya ve Patel, 2025). İran'da, çemen otu yapraklarıyla yemek hazırlama geleneği oldukça köklüdür (Prasad, 2011). Bunun yanı sıra çeşitli gıda ürünlerinde kullanılmakta olan çemen

otu; köri, turşular, ve vanilya ekstreleri gibi ürünlerde değerlendirilmektedir (Gonda vd., 2023). Ayrıca, yapay akçaağaç şurubunda çemen otu ekstresi aroma verici ajan olarak kullanılmaktadır (Prasad, 2011; Wani ve Kumar, 2018; Gonda vd., 2023; Talaviya ve Patel, 2025). Bitkinin ekstraktının yapay akçaağaç şurubunda kullanılması, Almanya’da yaygın şekilde gerçekleştirilmektedir (Malhotra, 2011). Dünya genelindeki birçok ülkede çemen otunun farklı şekillerde gıdalara katıldığı ülkeler ve ürünler, Şekil 7’de gösterilmektedir (Malhotra, 2011). Bunlara ilaveten çemen otu tohumları, Afrika ülkelerinde yaygın şekilde kullanılmakta olup Afrika’da çemen otu tohumları, geleneksel gıdaların hazırlanmasında ekmekle karıştırılmakta ve haşlanmış tohumlar, bal ile birlikte atıştırmalık olarak tüketilmektedir (Prasad, 2011).

Çemen otu ekstraktları	Kavrulmuş çemen otu tohumları
- İsviçre’de peynirlerin aromalandırılmasında - Almanya’da yapay akçaağaç şurubu ve acı rom üretiminde	- Afrika’da kahve yerine tüketim - Mısır’da un ile karıştırılarak besin değeri artırılmış yassı ekmek üretiminde

Şekil 7. Çemen otunun farklı formlarda dünya ülkelerinde çeşitli gıda ürünlerinde kullanımları (Malhotra, 2011 kaynağındaki bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur).

Çemen otu tohumunun kullanıldığı bir diğer gıda grubu, et ürünleri olup bu amaçla Türkiye’de özellikle önemli bir et ürünü olarak tüketilen pastırmada çemen otundan faydalanılmaktadır. Pastırma kurutulduktan sonra dış yüzey kısma sarımsak, kırmızıbiber, çemen tozundan hazırlanan macun kıvamındaki karışım sürülür ve bu şekilde, pastırmanın tüm dış yüzeyi kaplanır (Türker vd., 2019). Çemen karışımında bulunan toz haline getirilmiş buyotu tohumu, sarımsak ve kırmızı toz biberin oranları sırasıyla; %50, %35 ve %15 şeklindedir (Gökçe ve Efe, 2016). Pastırmaya sürülen çemen macunu hem pastırmaya hoş bir lezzet ve aroma kazandırır hem de yüzeydeki küf ve bakteri gibi bazı mikroorganizmaların üremesini engeller (Gökçe ve Efe, 2016; Türker vd., 2019).

Tohum, ekstrakt ve yapraklarına ilaveten yapraklı gövdeleri de Çin’de kullanım alanı bulmaktadır. Çin mutfağında, çemen otu bitkisel ürünleri genellikle aroma vermekten ziyade renklendirme amacıyla kullanılmaktadır. Bu bağlamda; Çin’de, çemen otu yapraklı gövdelerinin öğütülmesiyle elde edilen organik yeşil toz gıda boyası, buharda pişirilen hamur işlerine yeşil renk kazandırmak amacıyla ilave edilmektedir (Prasad, 2011).

Bunlara ilaveten bitkinin tohumundan elde edilen sabit yağ da farklı şekillerde değerlendirilmektedir. Belirgin ve kalıcı bir aroma taşımakta olan çemen otu yağı, birçok konserve gıda ve şurup türünün aromalandırılmasında kullanılmakta olup ayrıca bazı Fransız parfümlerinde gizli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (Prasad, 2011). Bunun yanı sıra çemen otu yağlarının ve ekstraktlarının antibakteriyel, antifungal, antioksidan ve bozulmayı önleyici aktiviteleri, bitkinin sahip olduğu farklı bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Bu durum, gıdaların hazırlanmasında ve muhafaza edilmesinde gıda kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla avantajlı özelliklerdir (Mandal ve DebMandal, 2016). Yapılan bir çalışmada çemen otu tohumu özütünün, antibakteriyel etkili olduğu vurgulanmıştır (Al-Timimi, 2019). Başka bir çalışmada; çemen otunun tohum yağı, Soxhlet aparatı kullanılarak ekstrakte edilmiş ve yağın belirgin düzeyde antifungal ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Singh vd., 2024). Yapılan bir diğer bilimsel çalışmada; çemen otu tohumundan elde edilen yağın fizyokimyasal özelliklerinin yaygın şekilde tüketilen birçok bitkisel yağ ile benzerlik gösterdiği ve hem tohumun hem de tohumdan elde edilen yağın, antimikrobiyal bir ajan olarak gıda koruyucusu şeklinde veya tıbbi alanda kullanım potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir (Suliman ve ark., 2008). Başka bir araştırma çalışmasında da çemen otu tohum yağının güçlü bir farmakolojik ajan olarak değerlendirilebileceği ve terapötik amaçlarla daha ileri çalışmalarda araştırılabileceği vurgulanmıştır (Singh vd., 2024).

Bunlara ek olarak, Türkiye’de Bursa’nın Karacabey ve İnegöl ilçelerinin bazı köylerinde, bitkinin meyve kabukları da baharat olarak kullanılmakta olup bu amaçla, meyve kabukları öğütülerek toz formuna dönüştürülmektedir (Gökçe ve Efe, 2016).

Bitkinin yeşil aksamı, kuru otu formu ve tohumları, yüksek yem verimli ve kalite olmasından dolayı yem bitkisi olarak değerlendirilmektedir (Gökçe ve Efe, 2016). Ayrıca, çemen otunun farklı toprak ve iklim koşullarına kolay uyum sağlama, dik formda büyüme ve kuraklığa karşı potansiyel direnç gösterme gibi özellikleri, bitkinin yem bitkisi olarak değerlendirilmesinde avantajlı niteliklerdir (Petit-Aldana vd., 2014). Bunlara ilaveten, yem bitkisi olarak değerlendirilmesinde bir diğer önemli parametre, çemen otunun yüksek protein içeriğidir (Dağtekin ve Beyzi, 2024). Çemen otundaki protein miktarı, %21’e kadar çıkabilmektedir (Gökçe ve Efe, 2016). Yem bitkisi olarak faydalanılmak üzere özellikle Avrupa’nın güneyinde ve merkezinde kültüre alınmaktadır (Petit-Aldana vd., 2014).

Bunlara ilaveten, yapılan bir bilimsel çalışmada elde edilen bulgular, çemen ekstraktının kozmetik ürün geliştirme hususunda; cilt sağlığına fayda

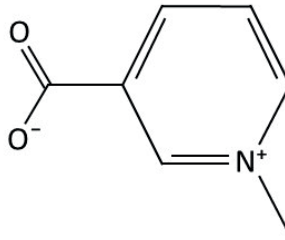
sağlayan, kararlı, çevre dostu ve etkili bir bitkisel kaynak olduğu anlaşılmış ve bu bağlamda, kozmetik endüstrisinde sürdürülebilir ekstraksiyon yöntemlerinin kullanımının teşvik edilmesi gerekliliği ifade edilmiştir (Abdennebi vd., 2025). Kozmetik ürünlerinde, özellikle bitkiden elde edilen boya ve yağ değerlendirilmektedir (Gökçe ve Efe, 2016).

Çemen, bir baklagil bitkisi olarak azot fikzasyonu gerçekleştirmektedir (Dağtekin ve Beyzi, 2024; Talaviya ve Patel, 2025). Azot fikzasyonu, *Rhizobium* bakterilerinin baklagil bitkileri ile kurduğu simbiyotik ilişki sonucunda, bakteriler tarafından oluşturulan nodüller aracılığıyla meydana gelen bir süreçtir. Bu biyolojik süreçte, çemen bitkisi hem kendi azot gereksinimini karşılamakta hem de toprağın azot içeriğini zenginleştirmektedir (Dağtekin ve Beyzi, 2024).

Bunun yanı sıra toprakta iyi bir şekilde çözünmesi ve ince saplara sahip yapısı sayesinde çemen otu, doğal yeşil gübre olarak kullanılmaya müsait bir bitkidir ve münavebe (ekim nöbeti) uygulamalarında toprakların niteliklerinin geliştirilmesinde bitkiden faydalanılmaktadır (Gökçe ve Efe, 2016).

Bahse konu kullanım alanlarına ilaveten çemen otu ayrıca tıbbi amaçlarla değerlendirilmektedir. Bitkinin tıbbi olarak kullanılan kısımları, olgunlaşmış ve kurutulmuş tohumlarıdır (Petit-Aldana vd., 2014). Çemen otu tohumlarının tıbbi amaçlarla kullanımlarında içerisindeki bileşenler etkili olmaktadır ve bu kapsamda, bitkideki biyoaktif bileşiklerin; trigonellin, 4-hidroksiisölösün, diosgenin, galaktomannan, isoviteksin ve viteksin oldukları ifade edilmektedir (Visuvanathan vd., 2022). Bunun yanı sıra çemen otu tohumlarının varsayılan birçok terapötik etkisinden proteinler (lizin ve L-triptofan açısından zengin olan), müsilaçlı lifler ve saponinler, kumarin, nikotinik asit, sapojeninler, fitik asit, skopoletin ve trigonellin gibi fitokimyasalların sorumlu olduğu düşünülmektedir (Petit-Aldana vd., 2014).

Çemen otunun çok önemli bir biyoaktif bileşiği olan trigonellin (Şekil 8), doğal bir polar ve hidrofilik alkaloittir ve nikotinik asidin (niasin veya vitamin B₃) metilasyonu ile sentezlendiği için “N-metil nikotinik asit” olarak da isimlendirilmektedir. Trigonellin sentezinde metil grubunu sağlayan bileşik, S-adenosil-L-metiyonindir (Nguyen ve ark., 2024).



Şekil 8. Trigonellin bileşiğinin kimyasal yapısı (Gonda vd., 2023 kaynağından bakılarak çizilmiştir).

Trigonellin, kolin ile birlikte tohumlardaki acı tattan sorumludur (Talaviya ve Patel, 2025). Trigonellin bileşiğinin büyük bir kısmı, tohumun aromasından sorumlu olan nikotinik asit ve piridinlere dönüşür (Petit-Aldana vd., 2014).

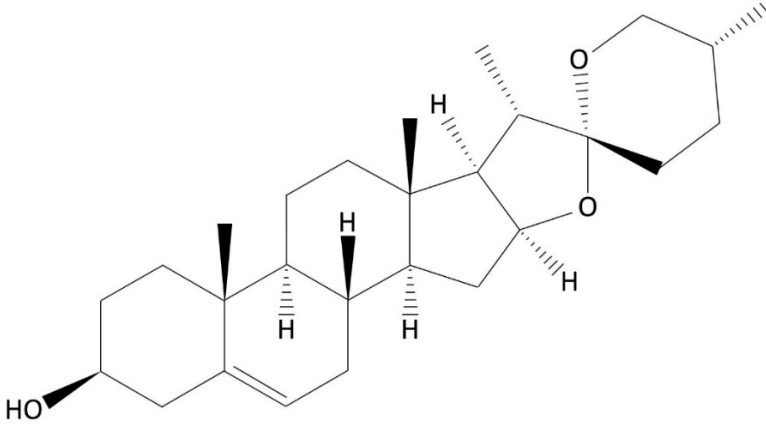
Trigonellin, hipoglisemik aktivitesi ile bilinen bir bileşiktir (Visuvanathan vd., 2022). Bunun yanı sıra trigonellinin sahip olduğu önemli biyolojik özellikler, Şekil 9'da gösterilmektedir.

Antienflamatuvar	Antioksidan	Böbrek taşı oluşumunu azaltıcı etki
Karaciğer fonksiyonlarını artırıcı etki	Kanserli hücre yayılımını azaltıcı etki	Antiviral
Antibakteriyal	Antifungal	Antiparazitik
Diyabetik nefropatiyi azaltıcı etki	Fitoöstrojenik etki	Kemik yoğunluğunu düzenleyici
İnsülin duyarlılığını artırıcı etki	Beta hücre fonksiyonunu artırıcı etki	Gastrik ülseri azaltıcı etki
Glikoz sentezini azaltıcı etki	Beta hücrelerinde apoptozun azaltılması	Kardiyomiyopati, miyokardiyal hasar ve miyokardiyal fibrozist üzerinde azaltıcı etki

Şekil 9. Trigonellin bileşiğinin bazı önemli biyolojik özellikleri (Nguyen vd., 2024 kaynağındaki bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur).

Tıbbi özellik sergileyen ve tohumda bulunan bir diğer önemli biyoaktif bileşik grubu, saponinler olup bunların balgam söktürücü, boğaz ağrılarını hafifletici, göğsü yumuşatıcı ve iştah açıcı vb. etkileri bulunmaktadır. Ayrıca içerdği müsilajlı maddeler, yumuşatıcı özelliktedir (Gökçe ve Efe, 2016). Tıbbi ve tedavi edici uygulamalarda, bitkinin tohum embriyosunda doğal

olarak bulunan diosgenin (steroidal saponin) bileşiği etkili olmaktadır (Gökçe ve Efe, 2016). Çemen otu tohumlarında bulunan saponinler ve diosgenin, hipolipidemik ve antidiyabetik etkilerden sorumlu bileşiklerdir (Laila vd., 2022). Diosgenin, özellikle kortikosteroidlerin sentezi için kıymetli bir fitokimyasaldır (Gökçe ve Efe, 2016). Diosgenin, ayrıca dislipidemi ile ilişkilendirilmektedir (Visuvanathan vd., 2022). Diosgenin, bileşiğinin kimyasal yapısı, Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 10. Diosgenin bileşiğinin kimyasal yapısı (Visuvanathan vd., 2022 kaynağından bakularak çizilmiştir).

Çemen otu ayrıca bileşimindeki saponinler, müsilaj, hemiselülozlar, tanenler ve pektin sayesinde kolonda safra tuzlarının yeniden emilimini inhibe ederek kanda düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL) seviyesinin azalmasına katkıda bulunmaktadır (Sharma vd., 2017). Bunlara ilaveten çemen otu tohumlarının bileşiminde bulunan lif, saponinler ve polifenollerin sindirimi ve vücudun glukoz emilimini yavaşlatabileceği düşünülmektedir (Laila vd., 2022).

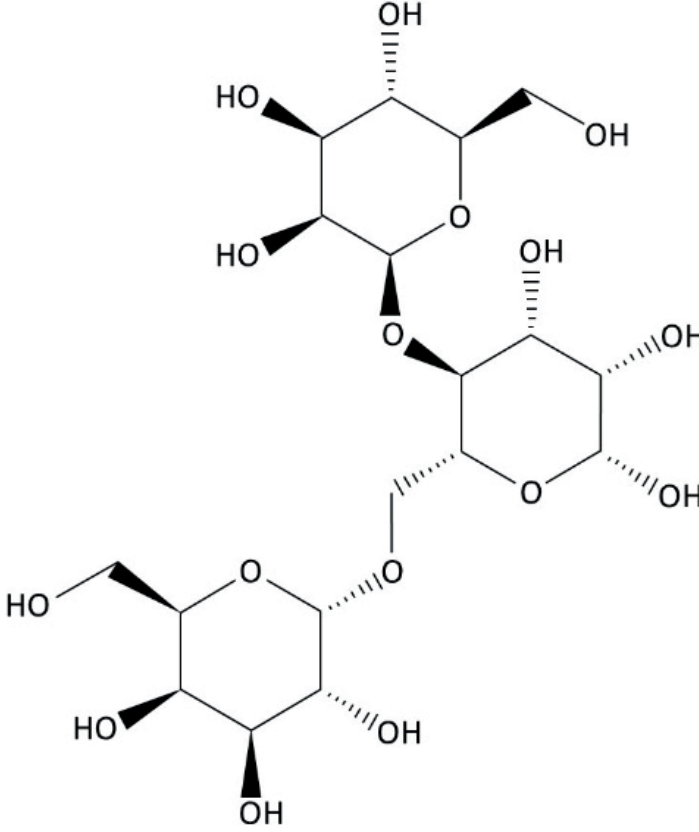
Saponinlere ilaveten çemen tohumları, yaklaşık %50 oranında lif içermekte olup bunun %30'u, çözünebilir; %20'si ise, çözünmez liften oluşmaktadır (Basch vd., 2003; Laila vd., 2022). Bu lif yapısı, postprandiyal glikoz emilim hızını yavaşlatabilmekte ve bu durum, çemenin hipoglisemik etkisine katkıda bulunan ikincil bir mekanizma olarak değerlendirilmektedir (Basch vd., 2003). Çemenin antidiyabetik ve hipokolesterolemik özellikleri başta olmak üzere sağlık üzerine olumlu etkileri, esasen nutrasötik özelliklere sahip olan diyet lifi bileşenlerinden kaynaklanmaktadır (Singh vd., 2023). Çemen otu tohumlarının hipoglisemik aktivite sergilediği fitokimyasallar ve etki mekanizmaları Şekil 11'de gösterilmektedir.

Hipoglisemik aktivite üzerinde etkili olan biyoaktif bileşikler	Hipoglisemik aktivite üzerindeki etki mekanizmaları
•Diyet lifi (galaktomannan) •Trigonellin •Diosgenin •4-hidroksiizolösin •Flavon C-glikozitleri	•Karbonhidrat kaynaklarının mide boşalmasının geciktirilmesi •Sindirim enzimlerinin aktivitelerinin inhibe edilmesi •Bağırsak hareketlerinin artırılması ve bunun sonucunda diyabetik bireylerde kan şekeri düzeylerinin düşürülmesi

Şekil 11. Hipoglisemik aktivite sergileyen çemen otu tohumu bileşikleri ve etki mekanizmaları (Singh vd., 2023 kaynağındaki bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur).

Çemen otunda bulunan çözünür lif; çorbalar, soslar, şekerlemeler ve tatlılarda kullanılabilir. Bunun yanı sıra pizza, kek karışımı, ekmek, muffin, yassı ekmek, tortilla ve erişte gibi unlu mamuller ile kızartılmış veya fırınlanmış mısır cipslerinin güçlendirilmesinde de faydalanılmaktadır. Unlu mamullerin hazırlanmasında %8 ila %10 oranlarında çözünür diyet lifi ile zenginleştirilmiş un kullanılabilir (Wani ve Kumar, 2018)

Çemen otundaki lif türleri arasında özellikle galaktomannan önemli düzeyde bulunmaktadır (Bae vd., 2015). Galaktomannanlar (Şekil 12), bitkinin tohumlarında bulunan başlıca polisakkarit grubunu oluşturmaktadır ve toplam tohum ağırlığının %50'sinden fazlasını temsil etmektedir. Çemende bulunan galaktomannan, “çemen gamı” veya “çemen polisakkaridi” olarak da isimlendirilmektedir (Malhotra, 2011).



Şekil 12. Galaktomannanın kimyasal yapısı (Visuvanathan vd., 2022 kaynağından bakularak çizilmiştir).

Galaktomannan hem gıda hem de gıda dışı endüstrilerde çeşitli uygulama alanlarına sahiptir ve özellikle gıda, farmasötik, kozmetik ve kağıt endüstrilerinde kullanım alanı bulan bir unsurdur. Çemende bulunan galaktomannan, yenilebilir olması ve gıda katkı maddesi olarak kullanımına izin verilmesi sayesinde yüksek ticari değere sahip bir bileşen haline dönüşmüştür. (Malhotra, 2011). Özellikle, zatk ve emülgatör özellik sergilediği için gıdalarda stabilizatör, emülgatör ve kıvam artırıcı ajan olarak değerlendirilmektedir (Prasad, 2011; Mandal ve DebMandal, 2016). Bunlara ilaveten, ciltte nem tutulumunu artırarak nemlendirici etki gösterir (Abdennebi vd., 2025).

Çemen otu tohumları, ayrıca Hindistan ve Çin'de gıda boyası ve endüstriyel musilaj kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Prasad, 2011). Özellikle bileşimindeki müsilağlı maddelerin yumuşatıcı özellikte olmasından dolayı çemen otu tohumlarının öksürük kesici şuruplarda kullanılabileceği

belirtilmiştir. Benzer şekilde, müsilajlı maddeleri sayesinde, bitkinin kumaşlarda (keten kumaşlarda görünümü iyileştirmek, cila vb.) kullanımı mümkün olmaktadır (Gökçe ve Efe, 2016).

Bunlara ilaveten çemen otu tohumundaki etkin bileşenler arasında yer alan epikateşin, serbest radikallerin neden olduğu hücresel hasara karşı cilt hücrelerini koruma kapasitesiyle ön plana çıkmaktadır. Bu sayede, erken yaşlanmayı geciktirmekte ve kırışıklıklar ile ince çizgilerin oluşumunu önlemeye katkıda bulunmaktadır (Abdennebi vd., 2025).

Çemen otu tohumları, ayrıca E vitamini gibi antioksidanlar bakımından zengin olmaları sayesinde koruyucu olarak da kullanılmaktadır. E vitamini; hücrelere, dokulara ve organlara zarar verebilecek serbest radikallerin yol açtığı hasarlara karşı vücut dokusunu korumaktadır (Laila vd., 2022).

Tüm bu biyolojik özelliklerinin ve kullanım alanlarının yanı sıra çemen otunun tohumlarından distile edilen UY'ın, antimikrobiyal ve antioksidan gibi önemli biyolojik aktivitelerinin olması ve önemli bileşenleri içermesi sayesinde çeşitli gıda ürünlerinin geliştirilmesinde yararlanılması gerektiği tavsiye edilmiştir (Attahar vd., 2021). Bitkinin tohumlarında bulunan UY'ın ve alkaloitlerin; bakterilere, parazitlere ve mantarlara karşı toksik etki gösterdiği ortaya konmuştur (ElNour vd., 2015). Yapılan bir çalışmada, bitkinin tohumlarından elde edilen UY'ın; *Bacillus subtilis* IFO3026, *Proteus vulgaris* MTCC 321, *Pseudomonas denitrificans* KACC 32026, *Sarcina lutea* IFO 3232 ve *Xanthomonas campestris* IAM 1671 üzerinde antibakteriyal aktivite gösterdiği saptanmıştır (Nahar vd., 2016).

5. Sonuç ve Öneriler

Çemen otu (*Trigonella foenum-graecum* L.), Baklagiller (Fabaceae) familyasına mensup olan, birçok önemli biyoaktif bileşimi ve besin unsurunu içeren, karakteristik aromaya, kokuya ve acı tada sahip olan önemli bir tıbbi ve aromatik bitki türüdür. *T. foenum-graecum* L., günümüzde dünyanın birçok yerinde yetiştirilmektedir. Ancak bu kapsamda dünya lideri konumunda Hindistan bulunmaktadır. Çemen otu, Türkiye'de de bazı illerde (Afyon, Hatay, Kayseri, Kahramanmaraş, Konya, Şanlıurfa vb.) yetiştirilmektedir.

Çemen otunun yaygın şekilde yetiştirilmesinde sahip olduğu biyolojik ve karakteristik duyuşal özellikleri etkili olmaktadır. Bu nitelikleri, sahip olduğu biyoaktif bileşikler sayesinde kazanmaktadır. *T. foenum-graecum* L.; alkaloitler, saponinler, flavonoidler, tanenler, uçucu yağ, sabit yağ, protein, karbonhidrat, lif, vitaminler ve mineraller gibi zengin bir kompozisyona sahiptir. Bu bileşikler ve besin unsurları, çemen otunun hem besinsel yönden hem de biyoaktivite yönünden değerini arttırmaktadır. Bu sayede çemen otu,

önemli biyolojik özellikler (antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar, antidiyabetik, galaktagog vb.) sergilemekte ve çeşitli alanlarda farklı şekillerde değerlendirilmektedir.

T. foenum-graecum L.; gıda, yem, gübre, ilaç, kozmetik alanlarda ve tıbbi amaçlarla değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, bitkinin farklı kısımlarından (tohumlar, yapraklar, gövde vs.) yararlanılmaktadır. Çemen otunun özellikle tohumları, geniş ölçekte kullanılmaktadır. Tohumlar, karakteristik acımsı tatta, yakıcı ve tesirli koku ve aromada oldukları için gıdaların (soslar, çorbalar, turşular, etler vb.) çeşnilendirilmesinde ve baharat karışımlarında yaygın biçimde kullanılmaktadır. Baharat olarak kullanımlarda büyük çoğunlukla öğütülüp toz haline getirilmektedir. Çemen otu tohumlarının ilave edildiği gıda grupları arasında; dondurma, et ürünleri, fırın ürünleri, şekerlemeler, şekerli soslar ve kremler, pudingler, çikletler vb. ürünler yer almaktadır. Türkiye’de de yaygın şekilde kullanılan çemen otu tohumu, karışım haline getirilerek özellikle pastırmanın dış yüzeyine sürülmektedir. Bunun yanı sıra bitkinin yaprakları da birçok ülkede sebze olarak değerlendirilmektedir.

Çemen otunun tüketilmesinde duyuşal özelliklerine ilaveten protein, lif, vitaminler, mineraller ile linoleik, linolenik ve oleik asitler gibi besin unsurları etkili olmaktadır. Bunlar, çemen otunun hem insan gıdası olarak hem de hayvan yemi olarak değerlendirilmesi üzerinde önemli faktörlerdir. Bunun yanı sıra antimikrobiyal ve antioksidan karakterli olması, çemen otunun farklı formlarda gıdaların muhafazasında doğal bir bitkisel ajan olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Çemen otu, gıda dışında da birçok alanda yaygın biçimde değerlendirilen önemli bir bitkidir. Özellikle fitoterapötik özellikleri sayesinde tıbbi alanda ve halk hekimliğinde kullanımları mevcuttur. Bu bağlamda bitki; antidiyabetik, antienflamatuvar, antioksidan, hipokolesterolemik ve hipolipidemik etkileri ile ön plana çıkmaktadır. Bunun yanı sıra balgam söktürücü, galaktagog, adet sancılarını azaltıcı, midevi ve ateş düşürücü gibi biyolojik özellikleri de bulunmaktadır. Bunlara ilaveten çemen otu tohumları; dispepsi, dizanteri, gaz, ishal, kolik, kronik öksürük, cilt yanıkları, sivilce, kaşıntı, karaciğer ve dalak büyümesi, raşitizm, gut vb. rahatsızlıklarda geleneksel olarak kullanılmaktadır.

Sahip olduğu biyolojik özellikler, çemen otunun sadece insanlar tarafından değil, aynı zamanda birçok farklı alanda kullanılmasına imkan tanımaktadır. Örneğin; hayvanlarda laktasyonu teşvik etmesi, çemen otunun farklı formlarda hayvanların rasyonlarına katılmasını sağlayabilir. Bundan başka; çemen otu bitkisi, buğday gibi sıcaklığa ve kuraklığa dayanıklı bir bitki olduğu için ülkemizin bu tip iklimle sahip bölgelerinde bitkinin

yetiştiriciliğine ağırlık verilerek büyük ve küçük baş hayvanların daha sağlıklı ve verimli beslenebilmesi için rasyonlarına belirli dozda katılması sağlanabilir. Buna ilaveten bir baklagil bitkisi olarak azot fikzasyonu sağlayan çemen otu hem kendi azot gereksinimini karşılamakta hem de toprağın azot içeriğini zenginleştirmektedir. Ayrıca doğal yeşil gübre olarak kullanılmaya müsait yapıda olması, çemen otunun ekim nöbeti uygulamalarında toprakların niteliklerinin geliştirilmesinde kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bu tip özelliklerinden faydalanarak çemen otundan doğal zirai uygulamalar alanında da yararlanılabilir.

Sonuç olarak; zengin fitokimyasal içeriği bakımından zengin bir bileşime sahip olan çemen otu hem sergilemiş olduğu biyolojik özellikleri hem de farklı alanlarda sunmuş olduğu uygulamalar sayesinde daha fazla şekilde üzerinde durulması ve değerlendirilmesi gereken bir bitki türüdür. Bu bağlamda; daha profesyonel, güvenilir ve standart prosedürlerin uygulanabilmesi için laboratuvar ve klinik çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Özellikle, bitkinin bileşiminde bulunan biyoaktif bileşikler ve besin unsurlarının en uygun metotlar kullanılarak ekstrakte veya izole edilmesi sağlanmalı ve bunlar üzerinde detaylı bilimsel çalışmalar yapılarak belirli standartların oluşturulması sağlanmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Bunun yanı sıra çemen otunun farklı kısımları, çeşitli inovatif teknolojik yöntemlerle daha pratik şekilde kullanılabilir formlara dönüştürülmelidir. Özellikle tıbbi ve farmakolojik alanda yapılacak uygulamalarda, bitkinin yan etkileri tespit edilmeli ve kullanım dozajları belirlenmelidir. Ayrıca, gıdaların doğal yollarla korunmasına yönelik olarak çemen otunun antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden yararlanılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda, söz konusu bitkinin gıdaların duyuşal özelliklerinde herhangi bir değişikliğe yol açmaksızın doğrudan gıdalara veya gıda ambalajlarına uygulanmasına ilişkin çalışmaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu tür uygulamalar aracılığıyla, çemen otu bitkisinin farklı alanlardaki geleneksel kullanım biçimlerine ek olarak daha yenilikçi ve bilim temelli uygulamaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması mümkün olacaktır.

ÖNEMLİ NOT

Bu çalışmada sunulmuş olan bilgiler, sadece bilgilendirme amaçlı olup tavsiye niteliği taşımamaktadır. Hastalık tedavisinin mutlaka uzman doktor kontrolünde yapılması gerektiği unutulmamalıdır!

6. Kaynaklar

- Abdennebi, A. B., Chaabani, E., Bourgou, S., Hammami, M., Tounsi, M. S., Merah, O., & Bettaieb Rebey, I. (2025). Fenugreek as a Potential Active Ingredient for the Development of Innovative Cosmetic Formulation. *Cosmetics*, 12, 1-19.
- Ahmadiani, A., Rustaiyan, A., Karimian, M., & Kamalinejad, M. (2004). Volatile Constituents from the Oil of *Trigonella foenum-graecum* L. *Journal of Essential Oil Research*, 16(4), 356-357.
- Al-Timimi, L. A. N. (2019). Antibacterial and Anticancer Activities of Fenugreek Seed Extract. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20, 3771-3775.
- Alu'datt, M. H., Rababah, T., Al-Ali, S., Tranchant, C. C., Gammoh, S., Alroshan, M., Kubow, S., Tan, T.-C., & Ghatashch, S. (2024). Current perspectives on fenugreek bioactive compounds and their potential impact on human health: A review of recent insights into functional foods and other high value applications. *Journal of Food Science*, 89, 1835–1864.
- Attahar, W., Abdoul-Latif, F. M., Mohamed, J., Ouassil, M., El Yaacoubi, A., Ainane, A., & Tarik, A. (2021). Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Trigonella foenum-graecum* Essential Oil From The Region Of Settat (Morocco). *Pharmacologyonline*, 2, 434-442.
- Badawy, A. A., Alshammari, W. K., Salem, N. F. G., Alshammari, W. S., & Hussein, H.-A. A. (2025). Arginine and Spermine Ameliorate Water Deficit Stress in Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) by Enhancing Growth and Physio-Biochemical Processes. *Antioxidants*, 14, 1-19.
- Basch, E., Ulbricht, C., Kuo, G., Szapary, P., & Smith, M. (2003). Therapeutic applications of fenugreek. *Alternative Medicine Review*, 8(1), 20-27.
- Basu, S. K., Zandi, P., & Cetzal-Ix, W. (2017). Opportunities for Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) as a Chemurgic Crop in the Emergent Global Nutraceutical and Functional Food Industries. *International Journal on Agricultural Sciences*, 8(1), 9-13.
- Beyzi, E., İlbaş, A. İ., & Gürbüüz, B. (2010). Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) ve Genel Özellikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(4), 316-322.
- Bouhenni, H., Doukani, K., Hanganu, D., Olah, N. K., Sekeroglu, N., Gezici, S., ... & Niculae, M. (2021). Comparative analysis on bioactive compounds and antioxidant activity of Algerian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and Syrian cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Herba Polonica*, 67(1), 18-34.
- Bukhari, S. B., Bhanger, M. I., & Memon, S. (2008) Antioxidative Activity of Extracts from Fenugreek Seeds (*Trigonella foenum-graecum*). *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, 9(2), 78-83.

- Chi, L., Niu, H., Niu, Y., Yao, R., Shi, D., Lu, B., & Pang, Z. (2025). *Trigonella foenum-graecum* L. ameliorates metabolism-associated fatty liver disease in type 2 diabetic mice: a multi-omics mechanism analysis. *Journal of Ethnopharmacology*, 348, 1-14.
- Choudhary, S., Singh, R., Ravi, Y., Gena, C. B., Singh, D., Harisha, C. B., et al. (2024). Phytotherapeutic, Nutraceutical, Medicinal, and forage properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): a comprehensive review. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27(10), 719-733.
- Dağtekin, M. A., & Beyzi, E. (2024). The Effects of Bacterial Inoculation on Agricultural and Quality Characteristics of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 41(2) 58-65.
- Dharajiya, D., Jasani, H., Khatrani, T., Kapuria, M., Pachchigar, M., & Patel, P. (2016). Evaluation of Antibacterial and Antifungal Activity of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) Extracts. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(4), 212-217.
- Dhull, S. B., Punia, S., Kumar, R., Kumar, M., Nain, K. B., Jangra, K., & Chudamani, C. (2021). Solid state fermentation of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): implications on bioactive compounds, mineral content and in vitro bioavailability. *J Food Sci Technol.*, 58(5), 1927-1936.
- Dhull, S. B., Bamel, P., Chandak, A., Nain, K. B., & Malik, A. (2024). Chapter 9 - Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): An herb with impressive nutritional and antidiabetic properties. *Antidiabetic Medicinal Plants Applications and Opportunities*, pp. 305-325.
- ElNour, M. E. M., Ali, A. M. A., & Saeed, B. E. A. E. (2015). Antimicrobial Activities and Phytochemical Screening of Callus and Seeds Extracts of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(2), 147-157.
- El-Soud, N. A., El-Laithy, N., El-Saeed, G., Wahby, M. S., Khalil, M., Morsy, F., & Shaffie, N. (2011). Antidiabetic activities of *Foeniculum vulgare* mill. essential oil in streptozotocin-induced diabetic rats. *Maced J Med Sci.*; 4, 139-146.
- Folina, A., Mavroidis, A., Stavropoulos, P., Eisenbach, L., Kakabouki, I., & Bilalis, D. (2024). Comparison of Organic and Inorganic Fertilization in Fenugreek Cultivation Using Nitrogen Indicators. *Nitrogen*, 5, 712-731.
- Gacche, R. N., Dhole, N. A., & Jadhav, A. D. (2010). Free radical scavenging activity, anti-oxidative ingredients, and possible anti-inflammatory abilities of selected traditional medicinal plants from ayurveda. *Journal of National Remendiess*, 10(1), 64-73.
- Gonda, S., Szűcs, Z., Plaszkó, T., Cziáky, Z., Kiss-Szikszai, A., Sinka, D., Bácskay, I., & Vasas, G. (2023). Quality-controlled LC-ESI-MS food meta-

- bolomics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) sprouts: Insights into changes in primary and specialized metabolites. *Food Research International*, 164, 1-13.
- Gökçe, Z., & Efe, L. (2016). Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Bitkisinin Kullanım Alanları ve Tıbbi Önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 355-363.
- Gu, L. B., Liu, X. N., Liu, H. M., Pang, H. L., & Quin, G. Y. (2017). Extraction of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Seed Oil Using Subcritical Butane: Characterization and Process Optimization. *Molecules*, 22, 1-14.
- Hadi, S. T., Abed, M. M., & Fadhil, N. J. (2018). Chemical Composition of *Trigonella foenum-graecum* Seeds and Inhibitory Activity of Their Seeds Oil Against Some Microbes. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 1(2), 75-83.
- Hanafy, R. S., & Akladios, S. A. (2018). Physiological and molecular studies on the effect of gamma radiation in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) plants. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16, 683-692.
- Hannan, J. M., Ali, L., Rokeya, B., Khaleque, J., Akhter, M., Flatt, P. R., & Abdel-Wahab, Y. H. (2007). Soluble dietary fibre fraction of *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek) seed improves glucose homeostasis in animal models of type 1 and type 2 diabetes by delaying carbohydrate digestion and absorption, and enhancing insulin action. *Br J Nutr.*, 97, 514-521.
- Hinad, I., S'hih, Y., Mesfioui, A., Elhessni, A., & Ouahidi, M. L. (2024). The Anti-hyperglycemic and Anti-hyperlipidemic Effects of *Trigonella foenum-graecum* L. Seeds on Fructose-induced Diabetic Wistar Rats. *Plant Foods Hum Nutr*, 80(1), 23.
- Jambor, T., Goc, Z., Zuscikova, L., Greifova, H., Kovacik, A., Kovacikova, E., Pec, M., & Lukac, N. (2025). Phytochemical Screening and Monitoring of Intercellular Changes in Murine Leydig Cells After the Treatment of *Trigonella foenum-graecum* L. Microgreens In Vitro. *Physiol. Res.*, 74, 115-128.
- Khorshidian, N., Asli, M. Y., Arab, M., Mortazavian, A. M., & Mirzaie, A. A. (2016). Fenugreek: Potential Applications as a Functional Food and Nutraceutical. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(1), 5-16.
- Korat, A. N., Kavathiya, Y. A., Lakhani, N. S., Kandoliya, U. K., & Golakiya, B. A. (2019). Nutritional and antioxidant components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seedlings. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 443-447.
- Laila, U., Albina, T., Zuha, S.S., & Tamang, H. (2022). Fenugreek seeds: Nutritional composition and therapeutic properties. *The Pharma Innovation Journal*, SP-11(6), 2417-2425.

- Malhotra, S. K. (2011). Chapter 24 - Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). In book: *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement*, pp. 801-846.
- Mandal, S., & DebMandal, M. (2016). Chapter 47 - Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, pp. 421-429.
- Mowla, A., Alauddin, M., Rahman, M. A., & Ahmed, K. (2009). Antihyperglycemic effect of *Trigonella foenum-graecum* (fenugreek) seed extract in alloxaninduced diabetic rats and its use in diabetes mellitus: a brief qualitative phytochemical and acute toxicity test on the extract. *Afr J Tradit Complement Altern Med.*, 6(3), 255-261.
- Nahar, N., Rahman, M. S., Rahman, S. M., & Moniruzzaman, M. (2016). GC-MS Analysis and Antibacterial Activity of *Trigonella foenum-graecum* against Bacterial Pathogens. *Free Radicals and Antioxidants*, 6(1), 109-114.
- Naika, M. B. N., Sathyanarayanan, N., Sajeevan, R. S., Bhattacharyya, T., Ghosh, P., Iyer, M., Jarjapu, M., Joshi, A. G., Harini, K., Shafi, M., Kalmankar, N. V., Karpe, S., Mam, B., Pasha, S. N., & Sowdhamini, R. (2022). Exploring the medicinally important secondary metabolites landscape through the lens of transcriptome data in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Scientific Reports*, 12(1), 1-23.
- Nguyen, V., Taine, E. G., Meng, D., Cui, T., & Tan, W. (2024). Pharmacological Activities, Therapeutic Effects, and Mechanistic Actions of Trigonelline. *Int. J. Mol. Sci.*, 25, 1-22.
- Niu, Y., Niu, H., Chi, L., Li, P., Du, J., Wang, X., He, X., Lu, B., & Pang, Z. (2025). *Trigonella foenum-graecum* L. protects against renal function decline in a mouse model of type 2 diabetic nephropathy by modulating the PI3K-Akt-ERK signaling pathway. *Front. Pharmacol.*, 16, 1-20.
- Omezzine, F., Bouaziz, M., Daami-Remadi, M., Simmonds, M. S. J., & Haouala, R. (2017). Chemical composition and antifungal activity of *Trigonella foenum-graecum* L. varied with plant ploidy level and developmental stage. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(2), S3622-S3631.
- Özdemir, B., & Gürbüz, B. (1998). Seçilmiş Bazı çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) hatlarının verim ve verim özellikleri üzerinde araştırmalar. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 10-17.
- Özguven, M., Sekin, S., Gürbüz, B., Şekeroğlu, N., Ayanoglu, F., & Ekren, S. (2005). Tütün, tıbbi ve aromatik bitkiler üretimi ve ticareti. VI. Teknik Tarım Kongresi Bildiri Kitabı 3-7 Ocak, Cilt.1: 481-501, Ankara.
- Petit-Aldana, J., Noguera-Savelli, E., Cetzal-Ix, W., Solorio-Sanchez, F., & Infante-Cruz, A. (2014). Productive Potential of Fenugreek (Fabaceae: *Trigonella foenum-graecum* L.) In Venezuela. Fenugreek Special Is-

- sue Mar/Apr 2014 | Editors: S. K. Basu & G. Agoramoorthy. AJSIH | ISSN: 2276-6928, pp. 96-108.
- Prasad, R. (2011). Identification of High Seed Yielding and Stable Fenugreek Mutants. [Master of Science]. Department of Biological Sciences, University of Lethbridge, pp. 1-179. LETHBRIDGE, ALBERTA, CANADA.
- Rahman, A., Abdurrahman, N. S., Akram, O., Akhtar, J., Ahmad, N. Z. (2025). Natural Agents Used for the Management of Obesity in the Traditional Unani System of Medicine: A Comprehensive Review. *Acta Scientific Medical Sciences*, 9(2), 114-126.
- Riasat, M., Jafari, A. A., Bahmanzadegan, A., Hatami, A., & Zareiyan, F. (2017). The constituents of essential oil in leaves of Karaj accession of *Trigonella foenum graecum*. *Natural Product Research, Formerly Natural Product Letters*, 31(14), 1-4.
- Semalty, M., Semalty, A., Joshi, G. P., & Rawat, M. S. M. (2009). Comparison of in vitro antioxidant activity of *Trigonella foenum-graecum* and *T. corniculata* Seeds. *Res. J. Phytochem.*, 3, 63-67.
- Sharma, V., Singh, P., & Rani, A. (2017). Antimicrobial Activity of *Trigonella foenum-graecum* L. (Fenugreek). *European Journal of Experimental Biology*, 7(1), 1-4.
- Singh, S., Chaurasia, P. K., & Bharati, S. L. (2023). Hypoglycemic and hypocholesterolemic properties of Fenugreek: A comprehensive assessment. *Applied Food Research*, 3(2), 1-17.
- Singh, N., Yadav, S. S., & Narasihman, B., (2024). Antimicrobial and Antioxidant Assessment of *Trigonella foenum-graecum*. *Legume Research – An International Journal*, 47(7), 1113-1119.
- Singh, R., Meena, R. S., Choudhary, S., Meena, N. K., Meena, R. D., Verma, A. K., Mahatma, M. K., Yathendranaik, R., Lal, S., Shekhawat, P. K., & Bhardwaj, V. (2025). Deciphering agronomic traits, biochemical components, and color in unique green-seeded fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) genotypes. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1-20.
- Snehlata, H., & Payal, D. (2012). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): An Overview. *IJCPR*, 2(4), 169-187.
- Sohrevardi, N., & Sohrevardi, F. (2012). Essential oil composition and antioxidant activity of *Trigonella foenum graecum* L. plant. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(12), 793-797.
- Sudan, P., Goswami, M., & Singh, J. (2020). Antifungal potential of Fenugreek Seeds (*Trigonella foenum-graecum*) Crude Extracts against *Microsporum gypsum*. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(1), 646-649.

- Sulicman, A. M. E., Ahmed, H. E., Abdelrahim, A. M. (2008). The Chemical Composition of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) and the Anti-microbial Properties of its Seed Oil. *Gezira j. of eng. & applied sci.*, 3(2), 52–71.
- Syed, Q. A., Rashid, Z., Ahmad, M. H., Shukat, R., Ishaq, A., Muhammad, N., & Rahman, H. U. U. (2020). Nutritional and therapeutic properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): a review. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1777–1791.
- Talaviya, P. L. & Patel, K. M. (2025). Effect of phosphorus levels and cutting management on growth and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). *Indian Journal of Agronomy*, 70(1), 120-124.
- Tilahun, G. W., Zeleke, A. A., & Limeneh, D. F. (2025). Agronomic evaluation and genetic variability studies among fenugreek (*trigonella foenum-graecum* L.) genotypes at Kulumsa, southeastern Ethiopia. *Ecological Genetics and Genomics*, 35, 100343.
- Türker, N., Türkmen, B. M., & Caymaz, E. (2019). Geleneksel Bir Ürün Olarak Kastamonu Pastırması. *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 3(2), 264-277.
- Visuvanathan, T., Than, L. T. L., Stanslas, J., Chew, S. Y., & Vellasamy, S. (2022). Revisiting *Trigonella foenum-graecum* L.: Pharmacology and Therapeutic Potentialities. *Plants*, 11, 1-14.
- Wani, S. A., & Kumar, P. (2018). Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 97-106.
- Yadav, U. C. S., & Baquer, N. Z. (2014). Pharmacological effects of *Trigonella foenum-graecum* L. in health and disease. *Pharmaceutical Biology*, 52(2).

Phoenixin Hormonu: Yapısı, Dağılımı ve Fizyolojik Etkileri

Gözde Arkalı¹

Fatma Beril Koçyiğit²

Mehmet Çay³

Özet

Sinir hücreleri arasındaki iletişimde görev alan nöropeptitler, merkezi ve periferik sinir sisteminde çeşitli fizyolojik süreçleri düzenleyen kısa polipeptit zincirleridir. 1950'lerden itibaren araştırmaları hız kazanan bu moleküller, klasik nörotransmitterlerden; sentez yolları, reseptör bağlanma özellikleri ve geri alım mekanizmaları açısından farklılık gösterir. Etkilerini çoğunlukla G-protein bağlı reseptörler aracılığıyla gerçekleştirirler. Phoenixin (PNX), 2013 yılında tanımlanan bir nöropeptittir ve özellikle hipotalamus, hipofiz ve kalp gibi merkezlerde yüksek ekspresyon düzeylerine sahiptir. PNX'in iki ana formu PNX-14 ve PNX-20'dir. GPR173 üzerinden etkilerini gösteren PNX, başlangıçta üreme sistemi üzerine etkili olduğu düşünülse de; anksiyete, gıda alımı, hafıza, inflamasyon ve kardiyovasküler sistem gibi birçok süreçte rol oynadığı gösterilmiştir. Çok yönlü fizyolojik etkileri nedeniyle PNX, potansiyel terapötik hedeflerden biri olarak değerlendirilmektedir. Fakat insan temelli araştırmaların yetersizliği nedeniyle klinik uygulamalar için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi, garkali@firat.edu.tr, 0000-0002-0850-7557

2 Öğr. Gör., Harran Üniversitesi Bircik Meslek Yüksekokulu, ozgurberil@harran.edu.tr, 0000-0001-5659-394X

3 Prof. Dr., Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi, mcay@firat.edu.tr, 0000-0003-3896-0042

1. GİRİŞ

Nöronların uç bölgeleri ile glial hücreler tarafından salgılanan nöropeptitler, merkezi sinir sisteminde beyin aktivitesini doğrudan etkileyen önemli biyomoleküllerdir. Geniş bir fizyolojik yelpazede işlev gösteren bu peptit yapılar, başta öğrenme, hafıza, enerji metabolizması ve ödül mekanizmaları olmak üzere çok sayıda beyin fonksiyonunun yerine getirilmesinde görev almaktadır. Nöropeptitler, 3 ila 100 amino asit uzunluğunda polipeptid zincirlerinden oluşur ve bu özellikleriyle klasik nörotransmitterlere kıyasla yaklaşık 50 kat daha büyük moleküller olarak tanımlanırlar. Bu büyüklük farkı, nöropeptitlerin daha geniş bir reseptör tanıma bölgesine sahip olmalarına olanak sağlar. Diğer bir ifadeyle, nöropeptitler klasik nörotransmitterlere göre daha fazla bağlanma bölgesi içerir, bu da onların hücresel hedefleri üzerinde daha özgül (selektif) etkiler oluşturmalarına katkıda bulunur. Yapısal olarak değerlendirildiğinde, nöropeptitler konvansiyonel protein moleküllerinden daha küçük, daha az kompleks üç boyutlu yapıya sahip ve buna karşın daha fazla kimyasal bilgi taşıyan moleküllerdir. Bu moleküller ile reseptörleri arasındaki bağlanma afinitesi, klasik nörotransmitterlere kıyasla yaklaşık 1000 kat daha yüksek olabilir. Bu durum, nöropeptitlerin reseptörlerine olan bağlanma seçiciliğinin oldukça fazla olmasını sağlamaktadır. Ancak, moleküler büyüklükleri nedeniyle nöropeptitlerin yayılımı ve bağlanma kinetiği, klasik nörotransmitterlere oranla daha yavaş gerçekleşir. Yine de, bir kez bağlandıklarında daha güçlü ve kalıcı etkiler ortaya çıkarabilmektedirler. Diğer yandan, nöropeptitlerin beyindeki konsantrasyon düzeyleri, nörotransmitterlere kıyasla genellikle daha düşüktür.

Nöropeptitlerin çoğu, nöronlarda bir veya iki klasik nörotransmitter ile birlikte bulunur. Bu eşzamanlı ko-lokalizasyon, sinaptik iletimin hem hızlı (nörotransmitter kaynaklı) hem de yavaş (nöropeptit kaynaklı) bileşenlerini mümkün kılar. Böylece sinaptik iletişimde hem anlık yanıtların hem de uzun süreli düzenleyici etkilerin birlikte gerçekleşmesi sağlanmış olur (Fricker, 2012; Wilkinson ve Brown, 2015).

Son yıllarda nöropeptitlerin fizyolojik sistemler üzerindeki çok yönlü etkileri giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu moleküller, merkezi ve periferik sinir sistemlerinde çeşitli reseptörlerle etkileşime girerek birçok hayati sürecin düzenlenmesinde rol oynamaktadır. Bu bağlamda, ilk olarak 2013 yılında biyoenformatik yaklaşımlar aracılığıyla tanımlanan Phoenixin (PNX), dikkat çekici bir endojen nöropeptit olarak literatüre girmiştir. Özellikle hipotalamus başta olmak üzere, hem merkezi sinir sisteminde hem de birçok periferik dokuda eksprese edilen Phoenixinin; yalnızca üreme sistemiyle sınırlı olmayan, davranışsal, nöroendokrin, kardiyovasküler ve nöroimmün

sistemler üzerinde de etkili olduğu gösterilmiştir. Phoenixinin fizyolojik etkileri, büyük oranda G-protein bağlı reseptör 173 (GPR173) üzerinden medyatörlük eden sinyal yolları aracılığıyla gerçekleşmektedir. Başlangıçta gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) sistemiyle olan ilişkisi sayesinde, luteinize edici hormon (LH) salınımı ve üreme fonksiyonları üzerindeki etkileri tanımlanmış; ancak izleyen çalışmalarla birlikte Phoenixin'in rolünün çok daha kapsamlı olduğu ortaya konmuştur. Günümüzde bu peptidin, anksiyete düzenlenmesi, iştah kontrolü, hafıza oluşumu, inflamasyon yanıtı ve kardiyoprotektif mekanizmalar gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde kritik roller oynadığı bilinmektedir (Billert ve ark., 2020; Lyu ve ark., 2013; McIlwraith ve ark., 2022; Stein ve ark., 2016).

Bu kitap bölümü, Phoenixinin fizyolojik etkilerini sistematik bir şekilde ele almayı amaçlamakta; söz konusu nöropeptidin farklı doku ve sistemlerdeki işlevsel rollerini güncel literatür ışığında değerlendirmektedir.

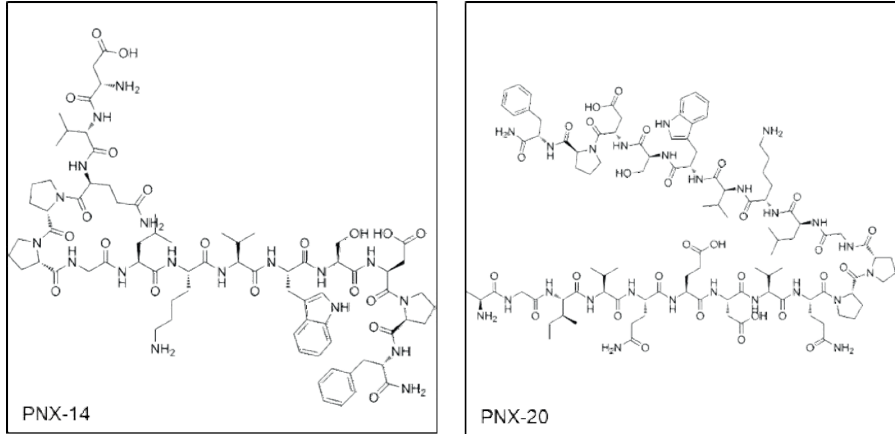
2. PHOENIXİN

2.1. Yapısı

Phoenixin, endojen bir nöropeptit olarak ilk kez Yosten ve arkadaşları tarafından 2013 yılında biyoinformatik algoritmalar aracılığıyla tanımlanmıştır. Bu keşfin ardından yapılan filogenetik analizler, phoenixinin insan, kemirgen, tavuk, sığır (inek), *Xenopus*, zebra balığı ve domuz gibi farklı omurgalı türlerinde yüksek düzeyde korunmuş bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, Phoenixinin evrimsel olarak önemli ve fonksiyonel olarak kritik bir peptid olduğunu düşündürmektedir. Phoenixin, Small Integral Membrane Protein 20 (SMIM20) adı verilen küçük integral membran proteininden türetilmektedir. Bu öncül proteinin proteolitik işlenmesiyle elde edilen iki ana biyoaktif form tanımlanmıştır: PNX-14 ve PNX-20. Bu formlar, sırasıyla 14 ve 20 amino asitten oluşan amidlenmiş peptid zincirleridir ve fizyolojik etkilerinden sorumlu temel izoformlar olarak kabul edilmektedir. Her iki izoformun biyolojik etkileri benzer olmasına rağmen beyinde yaygın olarak PNX-20 izoformu ifade edilirken, omurilik ve kalpte PNX-14 izoformu yüksek oranda ifade edilmektedir. Phoenixinin başlıca biyoaktif formları PNX-14 ve PNX-20 olmakla birlikte, literatürde PNX-17, PNX-26, PNX-36 ve PNX-42 izoformlarının da var olabileceği öne sürülmektedir. Bu izoformların biyolojik rollerine ilişkin çalışmalar halen sınırlı olmakla birlikte, fonksiyonel çeşitlilik açısından önem taşıyabilecekleri düşünülmektedir (Liang ve ark., 2022; McIlwraith ve Belsham, 2018; Yosten ve ark., 2013).

		PC2	CPE&PAM
İnsan	---FGGFIALGAA FYIPYFRPLM RLEEYKK-EQ	AINRAGIVQE	DVQPPGLKVM SDPFGGRK
Sıçan, Fare	---FGGFIALGAA FYIPYFRPLM RLEEYKK-EQ	AINRAGIVQE	DVQPPGLKVM SDPFGGRK
Tavuk	---FGGFVAVVGA AFYPIYFRPL LLPEEYKREQ	SINRAGIVQE	NIQPPGLKVM SDPFGGRK
Grem Anole	---FGGFVGLVGL ALYPIYFRPL MHLEDYKREQ	AANRAGIVQE	DVQPPGLKVM SDPFGGRK
Xenopus	---FGGFVTAVAA AFYPIFFHPL MHIDEYKKEQ	AVNRDVIQE	NVQPTGLKVM SDPFSRK
Zebra balığı	---FGGFVAAVAA AFYPIFFHPL THSEYKQVQ	KVNRAGVNQA	DIQPVGVKVM SDPYKPKS
		PNX-20	PNX-14

Şekil 1. Phoenixin (PNX)'in çeşitli omurgalılarıdaki amino asit dizileri. Tahmin edilen olgun (matür) PNX gösterilmiştir. PC2: probormon konvertaz 2; CPE: karboksipeptidaz E; PAM: peptidil-alfa-amidating monooxygenaz. (Kaynak: Kaiya, 2021)



Şekil 2. PNX-14 ve PNX-20'nin Kimyasal Formülleri. (Kaynak: MedKoo Biosciences, t.y.)

2.2. Phoenixinin Sentez ve Salgılanması

Phoenixinin sentezi, SMIM20 adı verilen bir genin ürünü olan preproteinden gerçekleşmektedir. Preprotein ilk olarak endoplazmik retikulumda sentezlenip proteazlar tarafından işlenerek pro-PNX formuna dönüştürülür. Ardından spesifik enzimlerin kesimiyle **PNX-20** veya **PNX-14** gibi aktif formlar oluşmaktadır. Salgılanması ekzositoz yoluyla olan Phoenixin, hedef hücrelerde etkisini GPR173 üzerinden gerçekleştirmektedir (McIlwraith ve Belsham, 2018; Yosten ve ark., 2013).

2.2.1. Phoenixinin Merkezi Sinir Sisteminde Sentezi

En yüksek Phoenixin konsantrasyonu, yapılan çalışmalar doğrultusunda sıçan hipotalamusunda tespit edilmiştir. Bu bölgede Phoenixinin, enerji homeostazi ve iştah düzenlenmesinde önemli rol oynayan nesfatin-1 peptidi ile birlikte eksprese edildiği gösterilmiştir. Hipotalamusun farklı nükleuslarında yapılan immünohistokimyasal analizlerde, Phoenixin immunoreaktivitesinin özellikle paraventriküler çekirdek (PVN), dorsal hipotalamus, supraoptik çekirdek, lateral hipotalamus, arkuat çekirdek ve ventromedial hipotalamus gibi kritik bölgesel yapılarda yoğun olarak bulunduğu belirlenmiştir. Bu bölgeler, homeostatik düzenlemede, hormonal salgıların kontrolünde ve otonom sinir sistemi işlevlerinde merkezi rol üstlenmektedir. Bunun yanı sıra, Phoenixinin ekspresyonunun yalnızca hipotalamus ile sınırlı kalmayıp, median eminens, omurilik ile ön ve arka hipofiz gibi santral sinir sistemi (SSS) yapılarında da belirgin düzeyde gerçekleştiği saptanmıştır. Özellikle hipofiz bezi, nöroendokrin fonksiyonların düzenlenmesinde temel bir merkez olarak, Phoenixinin hormonal düzenleyici etkilerinin anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Bu bulgular, Phoenixin'in merkezi sinir sisteminde geniş bir dağılım gösterdiğini ve farklı nöral yapılar aracılığıyla çoklu fizyolojik süreçlere katıldığını ortaya koymaktadır (McIlwraith ve Belsham, 2018; Yosten ve ark., 2013).

Sonuç olarak, Phoenixinin yoğun olarak bulunduğu ve eksprese edildiği bu merkezi sinir sistemi bölgeleri, peptidin nöroendokrin ve homeostatik işlevler başta olmak üzere, pek çok temel biyolojik süreçte önemli rol oynadığını desteklemektedir. Bu nedenle, Phoenixin'in santral sinir sistemi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bu bölgelerdeki fonksiyonel çalışmaların derinleştirilmesi gerekmektedir (Billert ve ark., 2019; Billert ve ark., 2018; Palasz ve ark., 2015; Yosten ve ark., 2013).

2.2.2. Phoenixinin Periferik Dokulardaki Sentezi

Phoenixin, enzim bağlantılı immünosorbent testi (ELISA) gibi duyarlı immünolojik yöntemler kullanılarak çeşitli periferik dokularda yaygın bir şekilde eksprese edildiği tespit edilmiştir. Yapılan kantitatif analizler, Phoenixinin özellikle kalp, timus, özofagus ve mide dokularında yüksek düzeylerde eksprese edildiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, dalak, pankreas ve akciğer gibi organlarda da orta düzeyde Phoenixin varlığı saptanmıştır. Daha düşük konsantrasyonlarda ise özellikle jejunum, duodenum, ileum ve kolon gibi ince ve kalın bağırsak segmentlerinde Phoenixin ekspresyonu belirlenmiştir. Bu bulgular, Phoenixinin periferik dokularda geniş bir dağılıma sahip olduğunu ve çeşitli organların fizyolojik

işlevlerinde rol alabileceğini göstermektedir (Liang ve ark., 2022; Yosten ve ark., 2013).

İmunohistokimyasal çalışmalar ise Phoenixinin periferik dokulardaki lokalizasyonunu daha ayrıntılı şekilde ortaya koymuştur. Bu çalışmalar neticesinde, Phoenixinin immünreaktivitesinin epidermis ve dermis tabakalarında belirgin şekilde gözlemlendiği raporlanmıştır. Ayrıca, glikoz konsantrasyonundaki değişikliklere duyarlı olarak, pankreas adacıklarında ve sıçan primer adipositlerinde de Phoenixin ekspresyonunun mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, Phoenixinin metabolik düzenleme ve enerji homeostazında potansiyel bir rol üstlendiğini düşündürmektedir (Yosten ve ark., 2013).

Sonuç olarak, Phoenixinin periferik dokularda hem yaygın hem de dokuya özgü bir dağılım gösterdiği, bu sayede kardiyovasküler, bağışıklık, metabolik ve gastrointestinal sistem fonksiyonları üzerinde çeşitli etkiler gösterebileceği öne sürülmektedir. Gelecek çalışmalarda, Phoenixinin bu dokulardaki spesifik işlevlerinin moleküler ve hücresel düzeyde detaylandırılması, peptidin fizyolojik ve patofizyolojik rollerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. (Billert ve ark., 2018; Cowan ve ark., 2015; Kalamon ve ark., 2020; Nguyen ve ark., 2019; Prinz ve ark., 2017; Rocca ve ark., 2018a; Soya ve Sakurai, 2020; Yosten ve ark., 2013).

2.3. Phoenixinin Doku ve Plazma Konsantrasyonları

Phoenixin, yetişkin ratların dokularında çoktan aza doğru hipotalamus 2851, kalp 485, timus 307, özofagus 298, mide 274, dalak 234, pankreas 179, akciğer 149, hipofiz 121, böbrek 120, jejunum 102, duodenum 36, ileum 30, serebrum 23, pons 7, kolon 2 pg/g miktarlarında bulunmaktadır (Yosten ve ark., 2013).

Yapılan ölçümlerin sonucunda Phoenixinin insan serumunda ortalama 0,7 ng/mL miktarında bulunduğu saptanmıştır. Farelerde yapılan başka bir çalışmada ise açlık sonrası plazma Phoenixin düzeyinin ~ 15 pg/mL olduğu; yem alımından sonra ise bu değer ~ 50 pg/mL'ye yükseldiği görülmüştür (McIlwraith ve Belsham, 2018; Schalla ve Stengel, 2018).

2.4. Phoenixinin Fizyolojik Etkileri

Phoenixin, fizyolojik etkilerini büyük ölçüde, beyin, bağırsak ve gonadal dokular gibi bölgelerde yaygın şekilde eksprese edilen Süper Korunmuş Reseptör (SREB) ailesine ait bir G-protein bağlı reseptör olan GPR173 üzerinden gerçekleştirmektedir. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda GPR15 ve GPR25 gibi diğer G-protein bağlı reseptörlerle de etkileşim

içerisinde olabileceği ileri sürülmüştür. Bu durum, Phoenixin'in etkilerinin yalnızca GPR173 ile sınırlı olmadığını, farklı reseptörler üzerinden çoklu sinyal yollarını aktive edebileceğini göstermektedir. İlk tanımlandığı dönemde, Phoenixin'in özellikle gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) reseptör ekspresyonunu artırarak hipofiz bezinden luteinize edici hormon (LH) salınımını güçlendirdiği ve dolayısıyla üreme fonksiyonlarının düzenlenmesinde görev aldığı düşünülmüştür. Ancak, daha sonra yapılan çalışmalar Phoenixin'in yalnızca merkezi sinir sisteminde değil, aynı zamanda çeşitli periferik dokularda da eksprese edildiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular doğrultusunda Phoenixinin etkilerinin oldukça geniş bir fizyolojik yelpazeyi kapsadığı anlaşılmıştır. Güncel veriler, Phoenixin'in anksiyete düzenlenmesi, duyuşsal algı, davranışsal yanıtlar, besin alımı, öğrenme ve hafıza, Alzheimer hastalığı ile ilişkili süreçler, inflamasyon kontrolü, kardiyovasküler sistemin modülasyonu, enerji metabolizması, sıvı-elektrolit dengesi, endokrin yanıtları düzenleyen nöral devreler ve mikroglial aktivite gibi çok sayıda fizyolojik ve nörofizyolojik fonksiyonda rol oynadığını göstermektedir (Billert ve ark., 2020; Clarke ve Dhillon, 2019; Cowan ve ark., 2015; Haddock ve ark., 2020; Jiang, He, Peng, Jin, Mu, ve ark., 2015; Jiang, He, Peng, Jin, Wang, ve ark., 2015; Liang ve ark., 2022; Lyu ve ark., 2013; Matsumoto ve ark., 2000; McIlwraith ve Belsham, 2018; McIlwraith ve ark., 2019; Nguyen ve ark., 2019; Palasz ve ark., 2015; Prinz ve ark., 2017; Schalla ve Stengel, 2019; Stein ve ark., 2018; Stein ve ark., 2016; Treen ve ark., 2016; Wang ve ark., 2018; Yosten ve ark., 2013).

Tablo 1. PNX'in hedef hücreleri/dokuları ve işlevleri. (Kaynak: Kaiya, 2021)

Hücreler/Dokular	Fonksiyonu	Hayvanlar	Kaynaklar
Hipotalamus	GnRH mRNA ekspresyonunun uyarılması	Sıçan	(Treen ve ark., 2016)
	Kiss1 mRNA ekspresyonunun uyarılması	Sıçan	(Treen ve ark., 2016)
	GnRH reseptörü mRNA ekspresyonunun uyarılması	Sıçan	(Treen ve ark., 2016)
	Yiyecek alımının uyarılması	Sıçan	(Friedrich ve ark., 2019), (Schalla ve ark., 2017)
	Su içiminin uyarılması	Sıçan	(Friedrich ve ark., 2019)
	Lokomotor aktivitenin uyarılması	Sıçan	(Friedrich ve ark., 2019)
	Besin algılamanın uyarılması	Fare	(McIlwraith ve ark., 2018)
	Anksiyete benzeri davranışın indüksiyonu	Fare	(Jiang, He, Peng, Jin, Mu, ve ark., 2015)

	Kaşıntı hissinin aracılık edilmesi	Fare	(Lyu ve ark., 2018), (Cowan ve ark., 2015)
	Hafıza tutma ve oluşumunun iyileştirilmesi	Fare	(Jiang, He, Peng, Jin, Wang, ve ark., 2015)
	Vazopressin salgısının uyarılması	Sıçan	(Gasparini ve ark., 2018)
Hipofiz	GnRH kaynaklı LH ve FSH salınımının uyarılması	Sıçan	(Stein ve ark., 2016), (Guvenc ve ark., 2019)
Kalp	Depresyon	Sıçan	(Rocca ve ark., 2018b)
Hipofiz hücreleri, alfaT3-1 hücreleri	GnRH reseptörü mRNA ekspresyonunun uyarılması	Sıçan	(Stein ve ark., 2016), (Treen ve ark., 2016)
INS-1E hücreler	İnsülin mRNA ekspresyonunun uyarılması	—	(Billert ve ark., 2019)
	Glikoz kaynaklı insülin salgısının uyarılması	—	(Billert ve ark., 2019)
Pankreas adacıkları	Glikoz kaynaklı insülin salgısının uyarılması	Sıçan	(Billert ve ark., 2019)
3T3-L1	Beyaz adipogenezin uyarılması	—	(Billert ve ark., 2018)
Preadipositler	Beyaz adipogenezin uyarılması	—	(Billert ve ark., 2018)
bEnd.3 beyin endotel hücreleri	Oksidatif stresin azalması	—	(Zhang ve Li, 2020)
Granulosa hücreleri	E2 kaynaklı foliküler büyümenin teşvik edilmesi	İnsan	(Nguyen ve ark., 2019)
Diş pulpa hücreleri	Antiinflamatuvar etki	İnsan	(Sun ve ark., 2020)

2.4.1. Reprodüktif Sistem Üzerindeki Etkileri

Phoenixin, ilk çalışmalarında üreme ile ilişkili bir peptit olarak tanımlanmış ve özellikle gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) tarafından uyarılan luteinize edici hormon (LH) salınımını artırarak Hipotalamus-Hipofiz-Gonadal (HHG) aksının düzenlenmesinde rol oynadığı belirlenmiştir. Dişi sıçanlarda gerçekleştirilen in vitro deneylerde, PNX-20 formunun GnRH ekspresyonunu artırdığı ve buna bağlı olarak LH salınımını güçlendirdiği gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, Stein ve arkadaşları (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada, PNX-20'nin intraserebroventriküler (ICV) yolla sıçanlara uygulanmasının, LH salgılanmasını anlamlı şekilde stimüle ettiği saptanmıştır. Aynı çalışmada erkek sıçanlara yapılan in vivo uygulamalarda

ise, Phoenixinin GnRH seviyelerinde belirgin bir değişiklik yaratmadan serumdaki follikül uyarıcı hormon (FSH) ve testosteron konsantrasyonlarını artırdığı raporlanmıştır. Bu bulgular, Phoenixinin üreme fonksiyonlarının nöroendokrin düzenlenmesinde kritik bir modülatör olduğunu ve cinsiyete özgü etkiler gösterebileceğini ortaya koymaktadır. (Guvenc ve ark., 2019; Stein ve ark., 2016; Treen ve ark., 2016; Yosten ve ark., 2013).

Phoenixin, özellikle yumurtalık ve yumurtalık foliküllerinde sentezlenmekte olup, dişi memelilerde östrus siklusunun düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. PNX-20 formunun, granüloza hücrelerinin proliferasyonunu teşvik ettiği ve folikül gelişiminde kritik öneme sahip follükül uyarıcı hormon reseptörü (FshR), luteinize edici hormon reseptörü (LhR) ile tirozin protein kinaz (Kitl) genlerinin ekspresyonunu artırdığı gösterilmiştir. Ayrıca, PNX-20'nin cAMP/protein kinaz A (PKA) sinyal yolunu aktive ederek, cAMP yanıt elementi bağlayıcı protein (CREB) fosforilasyonunu tetiklediği ve böylece östradiol (E2) sentezini indükleyerek foliküler büyümeyi desteklediği ortaya konmuştur. Yosten ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, dişi sıçanlarda Phoenixin ekspresyonunun siRNA (susturucu RNA) kullanılarak aşağı regüle edilmesi sonucunda, östrus döngüsünün 2-3 gün geciktiği ve diöstrus fazının uzadığı bildirilmiştir. Bu bulgu, Phoenixinin östrus siklusunun normal işleyişinde kritik bir rol üstlendiğini göstermektedir. Ayrıca, Phoenixin düzeyleri ile üreme hastalıkları arasındaki ilişkiyi inceleyen klinik araştırmalarda, polikistik over sendromu (PCOS) tanısı konmuş kadınlarda Phoenixin ve Nesfatin-1 seviyelerinin anlamlı derecede arttığı tespit edilmiştir. Buna paralel olarak, PCOS model dişi sıçanların periovarian yağ dokularında, sağlıklı kontrollere kıyasla SMIM-20 gen ekspresyonunun artmış olduğu raporlanmıştır.

Bu veriler, Phoenixinin üreme fonksiyonları ve patolojilerinde önemli bir düzenleyici molekül olduğunu göstermekte ve bu peptidin özellikle foliküler gelişim ile hormonal dengenin sağlanmasında potansiyel bir hedef olabileceğini işaret etmektedir (Kalamon ve ark., 2020; Nguyen ve ark., 2019; Stein ve ark., 2016; Ullah ve ark., 2017; Yosten ve ark., 2013).

2.4.2 Metabolizma Üzerindeki Etkileri

Phoenixin, özellikle gıda alımını düzenleyen merkezi sinir sistemi bölgelerinde, arkuat çekirdek (ARC), paraventriküler çekirdek (PVN), ventromedial hipotalamus (VMH) ve nükleus traktus solitarius (NTS) gibi kritik yapılar içerisinde ekspresyon göstermektedir. Bu lokalizasyon, Phoenixinin beslenme davranışları üzerindeki potansiyel etkilerini araştırmak için temel oluşturmuştur. Shalla ve arkadaşları tarafından yapılan

bir deneysel çalışmada, sıçanlara ışık fazında intraserebroventriküler (ICV) yolla PNX-14 uygulandığında, hayvanlarda toplam gıda alımı, yeme hızı, öğün süresi ve su tüketiminde belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Ancak, PNX-14'ün intraperitoneal (IP) yolla hem karanlık hem de aydınlık dönemlerde uygulanması durumunda, bu parametrelerde ters yönlü, yani azalma eğilimi gösteren etkiler kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, Phoenixinin etkilerinin doz, uygulama yolu ve çevresel ışık koşullarına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Bunun yanı sıra, anoreksiya nervoza tanısı almış bireylerde plazma Phoenixin düzeylerinin azalmış olduğu bulunmuş ve bu peptidin yeme bozukluklarının patofizyolojisinde önemli bir rol oynayabileceği düşünülmüştür. Bu bağlamda, Phoenixinin yeme davranışı ve sıvı alımının nöroendokrin düzenlenmesinde kritik bir modülatör olabileceği ve beslenme bozukluklarının tedavisinde potansiyel bir biyobelirteç ya da terapötik hedef olarak değerlendirilebileceği ifade edilmektedir.

Kısacası, Phoenixinin merkezi sinir sistemi üzerindeki etkileri, hem gıda alımını hem de sıvı tüketimini düzenleyerek enerji ve su homeostazının sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, bu peptidin farklı koşullar altında gösterdiği değişken etkilerin mekanistik temellerinin daha ayrıntılı incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. (Haddock ve ark., 2020; Matsumoto ve ark., 2000; McKibbin ve ark., 1991; Palasz ve ark., 2021; Schalla ve ark., 2017; Yosten ve ark., 2013).

2.4.3. Anksiyete Üzerindeki Etkileri

Phoenixin, gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) reseptör ekspresyonunu artırarak gonadotropin salgısını düzenlemekte ve bu mekanizma aracılığıyla beyin anksiyete yanıtını modüle etmektedir. Bu nedenle, Phoenixinin anksiyolitik etkiler gösterdiği düşünülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, hem PNX-14 hem de PNX-20 peptitlerinin anksiyolitik özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir. Özellikle PNX-14 enjeksiyonu yapılan farelerde, kaygı düzeyinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan açık alan testi ve labirent testlerinde, belirgin bir anksiyete davranışında azalma gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Phoenixinin anksiyete bozukluklarının tedavisinde potansiyel bir nöropeptid olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Jiang, He, Peng, Jin, Mu, ve ark., 2015; Millar ve Newton, 2013; Telegdy ve ark., 2009; Umathe ve ark., 2008; Yosten ve ark., 2013).

2.4.4. İnflamasyon Üzerindeki Etkileri

Demans, Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıklarda, merkezi sinir sisteminde kronik ve şiddetli nöroinflamasyonun önemli bir patofizyolojik mekanizma olduğu bilinmektedir. Nöroinflamasyon, glial hücrelerin, özellikle astrosit ve mikrogliaların aktivasyonu ile karakterize olup, sinir dokusunda inflamatuvar mediatörlerin ve proinflamatuvar sitokinlerin aşırı üretimine yol açmaktadır. Lipopolisakkarit (LPS) gibi endotoksinler, astrositlerde inflamatuvar yanıtı tetikleyerek hücresel hasar meydana getirmekte ve bu süreçte G-protein bağlı reseptör 173 (GPR173) ekspresyonunun azaldığı gösterilmiştir. Phoenixin, bu bağlamda oksidatif stres ve inflamatuvar süreçlerde nöroprotektif etkiler sergileyen endojen bir nöropeptit olarak öne çıkmaktadır. Literatürde bildirilen çalışmalar, PNX-14 formunun LPS tarafından indüklenen sitotoksiste koşullarında etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda, PNX-14 uygulamasının, tümör nekroz faktör alfa (TNF- α), interlökin-1 beta (IL-1 β), interlökin-6 (IL-6) ve interlökin-12 (IL-12) gibi kritik proinflamatuvar sitokinlerin yanı sıra diğer inflamatuvar mediatörlerin ekspresyonunu anlamlı oranda azalttığı gözlemlenmiştir. Bu antiinflamatuvar etkiler, Phoenixinin nörodejeneratif hastalıklarda inflamasyonun patolojik etkilerini modüle etme potansiyelini göstermektedir. Bu veriler ışığında, Phoenixinin özellikle Alzheimer, Parkinson ve diğer demans türleri gibi nörodejeneratif hastalıklarda, inflamatuvar süreçlerin yol açtığı nöronal hasarı azaltmada ve hastalık progresyonunu yavaşlatmada terapötik bir ajan olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, Phoenixinin glial hücre aktivasyonu üzerindeki düzenleyici etkileri ve oksidatif stresle mücadeledeki rolü, nöroproteksiyonun sağlanması açısından klinik öneme sahiptir. Ancak, Phoenixinin moleküler mekanizmalarının tam olarak aydınlatılması ve bu potansiyel terapötik etkilerin insan modellerinde doğrulanması için ileri preklinik ve klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Ma ve ark., 2020; Vesce ve ark., 2007; Wang ve ark., 2020). Sıçanlarda indometazin uygulanarak oluşturulan duodenal ülserde de interlökin, interlökin 1 beta, TNF-alfa, IL-6, IL-12 gibi inflamatuvar sitokin, malondialdehit (MDA) ve miyeloperoksidaz (MPO) aktivitesinde azalmayı; süperoksit dizmutaz (SOD) ve katalaz aktivitesinde yükselmeyi sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca Phoenixinin diyet kaynaklı alkolsüz karaciğer hastalığını ve iskemik inmede kan-beyin bariyeri fonksiyonlarını iyileştirebileceği tespit edilmiştir (Zandeh-Rahimi ve ark., 2022).

Phoenixinin nöroinflamasyonu modüle etme ve oksidatif strese karşı koruyucu etkileri, nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde umut vaat eden yeni bir terapötik hedef olduğunu göstermektedir. Ancak, bu potansiyelin

kllinik uygulamalara dönüşebilmesi için daha kapsamlı mekanistik ve klinik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.4.5. Kardiyak Fonksiyonlar Üzerindeki Etkileri

Hipotalamustan sonra, Phoenixinin en yüksek ekspresyon gösterdiği doku kalptir; burada Phoenixin konsantrasyonu yaklaşık 550 pg/g olarak tespit edilmiştir. Bu durum, Phoenixinin kardiyovasküler sistem üzerinde önemli ve çeşitli biyolojik etkilere sahip olduğunu düşündürmektedir. Phoenixin, miyokardiyal hücreler üzerinde protein kinaz B (Akt), endotelial nitrik oksit sentaz (eNOS) ve hücre dışı sinyalle düzenlenen kinazlar (ERK1/2) fosforilasyonu yoluyla etki göstermektedir. Bu sinyal yollarının aktivasyonu sonucunda Phoenixinin, kalp kasılma ve gevşeme fonksiyonlarını doz bağımlı olarak azaltırken, koroner arter basıncı ve kalp hızında anlamlı bir değişiklik yaratmamaktadır. Hem bazal şartlarda hem de iskemi/reperfüzyon (I/R) durumlarında Phoenixinin kardiyak dokulardaki varlığı ve miyokardiyal performans üzerindeki etkileri, Langendorff kalp perfüzyon modeli ve ileri biyoanalitik teknikler kullanılarak kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışmalar sırasında, Phoenixinin kalpte koruyucu etkilerini ortaya koyan kritik sinyal yolları arasında Reperfüzyon Hasarı Kurtarma Kinaz (RISK) ve Sitokin Tetiklenen Apoptoz Sinyal Düzeni (SAFE) yolları analiz edilmiştir. İzole edilen kalpler üzerinde gerçekleştirilen deneysel kardiyak iskemi modeli kapsamında, kalpler 30 dakika boyunca iskemiye maruz bırakılmış ve ardından 120 dakika reperfüzyon uygulanmıştır. Bu süreçte kardiyak dokularda PNX-14 seviyelerinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, Phoenixinin kardiyoprotektif etkiler gösterdiğini ve bu etkinin daha küçük miyokardiyal enfarktüs boyutu ile daha iyi sistolik fonksiyon iyileşmesine yol açtığını ortaya koymuştur. Moleküler düzeyde, Phoenixinin kardiyoprotektif etkileri STAT3 ve RISK sinyal yollarının fosforilasyon seviyelerinin artmasıyla desteklenmektedir. Ayrıca, Phoenixin antiapoptotik protein olan Bcl-2'nin ekspresyonunu artırırken, kaspaz-3, sitokrom C ve p38 MAP kinaz gibi proapoptotik faktörlerin seviyelerinde anlamlı bir azalma sağlamaktadır. Bu düzenlemeler, miyokardiyal hücrelerin apoptoza karşı korunmasını ve doku bütünlüğünün korunmasını desteklemektedir (Rocca ve ark., 2018a; Yosten ve ark., 2013).

PNX-14'ün apoptotik sinyalizasyon üzerindeki etkileri incelendiğinde, iskemi sonrası uygulanan Phoenixinin pro- ve anti-apoptotik faktörlerin ekspresyonu üzerindeki modulator rolü Western Blot analizi ile değerlendirilmiştir. İskemi/reperfüzyon (I/R) modeli sonucunda Bax, aktif kaspaz-3, sitokrom C (Cyt C) ve fosforile p38 MAPK proteinlerinin ekspresyonunda belirgin artışlar gözlenmiştir. Ancak Phoenixin tedavisi ve

post-kondisyonlama (PostC) uygulamaları ile bu pro-apoptotik faktörlerin ekspresyonunda anlamlı bir azalma sağlanmıştır. Bu bulgular, Phoenixinin apoptotik hücre ölümünü engelleyerek miyokardiyal dokuda koruyucu etkiler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Memelilerde yapılan çalışmalarda, Phoenixinin kardiyak dokular üzerinde doğrudan etkili olduğu ve bu etkinin sıçan kalplerinde Akt/eNOS ve ERK1/2 sinyal yollarının aktive edilmesiyle sağlandığı tespit edilmiştir. Farklı dozlarda uygulanan Phoenixin tedavisi sonucunda, miyokardiyal kasılma ve gevşeme fonksiyonlarında belirgin bir azalma meydana gelmiştir. Ayrıca, perfüze edilen sıçan kalplerinin iskemiye maruz bırakılmasıyla oluşturulan modelde, Phoenixinin iskemi/reperfüzyon kaynaklı hasara karşı koruyucu etkisi doğrulanmıştır. Phoenixinin kardiyoprotektif etkileri, apoptozun inhibisyonu ile ilişkilendirilmiş olup, bu koruyucu mekanizma obezite gibi metabolik bozuklukların varlığında da sürdürülmektedir. Bu bağlamda, Phoenixinin miyokardiyal hasarın önlenmesinde ve kalp fonksiyonlarının korunmasında önemli bir terapötik potansiyele sahip olduğu söylenebilir. (Lyu ve ark., 2013; Ma ve ark., 2020; Mai ve ark., 2020; Rocca ve ark., 2018a; Yosten ve ark., 2013).

SONUÇ

Sonuç olarak, phoenixin hormonu, yapısal özellikleri ve biyosentez mekanizmaları sayesinde vücutta birçok önemli fizyolojik süreci düzenlemede kritik bir rol oynamaktadır. Bu hormonun özellikle üreme sistemi, enerji dengesi ve stres yanıtları üzerindeki etkileri, onun biyomedikal araştırmalarda artan bir ilgi odağı haline gelmesini sağlamıştır. Gelecekte, phoenixin hormonunun fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması, çeşitli hastalıkların tedavisinde yeni yaklaşımların geliştirilmesine olanak tanıyabilir ve bu alandaki çalışmalar, tıbbi uygulamalar açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır.

Kaynaklar

- Billert, M., Kołodziejski, P. A., Strowski, M. Z., Nowak, K. W., ve Skrzypski, M. (2019). Phoenixin-14 stimulates proliferation and insulin secretion in insulin producing INS-1E cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1866(12), 118533.
- Billert, M., Rak, A., Nowak, K. W., ve Skrzypski, M. (2020). Phoenixin: more than reproductive peptide. *International journal of molecular sciences*, 21(21), 8378.
- Billert, M., Wojciechowicz, T., Jasaszewili, M., Szczepankiewicz, D., Waško, J., Kaźmierczak, S., Strowski, M. Z., Nowak, K. W., ve Skrzypski, M. (2018). Phoenixin-14 stimulates differentiation of 3T3-L1 preadipocytes via cAMP/Epac-dependent mechanism. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1863(12), 1449-1457.
- Clarke, S. A., ve Dhillon, W. S. (2019). Phoenixin and its role in reproductive hormone release. *Seminars in Reproductive Medicine*, 37(4), 191-196.
- Cowan, A., Lyu, R.-M., Chen, Y.-H., Dun, S., Chang, J.-K., ve Dun, N. J. (2015). Phoenixin: A candidate pruritogen in the mouse. *Neuroscience*, 310, 541-548.
- Fricker, L. D. (2012). Neuropeptides and other bioactive peptides: from discovery to function. In *Colloquium Series on Neuropeptides*; Morgan ve Claypool Publishers: Williston, USA, 2012.
- Friedrich, T., Schalla, M., Scharner, S., Kühne, S., Goebel-Stengel, M., Kobelt, P., Rose, M., ve Stengel, A. (2019). Intracerebroventricular injection of phoenixin alters feeding behavior and activates nesfatin-1 immunoreactive neurons in rats. *Brain Research*, 1715, 188-195.
- Gasparini, S., Stein, L. M., Loewen, S. P., Haddock, C. J., Soo, J., Ferguson, A. V., Kolar, G. R., Yosten, G. L., ve Samson, W. K. (2018). Novel regulator of vasopressin secretion: phoenixin. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 314(4), R623-R628.
- Guvenc, G., Altınbaş, B., Kasıkcı, E., Özyurt, E., Baş, A., Udum, D., Niaz, N., ve Yalcın, M. (2019). Contingent role of phoenixin and nesfatin-1 on secretions of the male reproductive hormones. *Andrologia*, 51(11), e13410.
- Haddock, C. J., Almeida-Pereira, G., Stein, L. M., Yosten, G. L., ve Samson, W. K. (2020). A novel regulator of thirst behavior: phoenixin. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 318(6), R1027-R1035.
- Jiang, J., He, Z., Peng, Y., Jin, W., Mu, J., Xue, H., Wang, Z., Chang, M., ve Wang, R. (2015). Effects of Phoenixin-14 on anxiolytic-like behavior in mice. *Behavioural Brain Research*, 286, 39-48.
- Jiang, J., He, Z., Peng, Y., Jin, W., Wang, Z., Mu, L., Chang, M., ve Wang, R. (2015). Phoenixin-14 enhances memory and mitigates memory impair-

- ment induced by A β 1-42 and scopolamine in mice. *Brain Research*, 1629, 298-308.
- Kaiya, H. (2021). Phoenixin. In *Handbook of Hormones*. Elsevier. (pp. 175-178).
- Kalamon, N., Błaszczyk, K., Szlaga, A., Billert, M., Skrzypski, M., Pawlicki, P., Górowska-Wójtowicz, E., Kotula-Balak, M., Błasiak, A., ve Rak, A. (2020). Levels of the neuropeptide phoenixin-14 and its receptor GRP173 in the hypothalamus, ovary and periovarian adipose tissue in rat model of polycystic ovary syndrome. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 528(4), 628-635.
- Liang, H., Zhao, Q., Lv, S., ve Ji, X. (2022). Regulation and physiological functions of phoenixin. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 9, 956500.
- Lyu, R.-M., Cowan, A., Zhang, Y., Chen, Y.-H., Dun, S. L., Chang, J.-K., Dun, N. J., ve Luo, J. J. (2018). Phoenixin: a novel brain-gut-skin peptide with multiple bioactivity. *Acta Pharmacologica Sinica*, 39(5), 770-773.
- Lyu, R.-M., Huang, X.-F., Zhang, Y., Dun, S. L., Luo, J. J., Chang, J.-K., ve Dun, N. J. (2013). Phoenixin: a novel peptide in rodent sensory ganglia. *Neuroscience*, 250, 622-631.
- Ma, H., Su, D., Wang, Q., Chong, Z., Zhu, Q., He, W., ve Wang, W. (2020). Phoenixin 14 inhibits ischemia/reperfusion-induced cytotoxicity in microglia. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 689, 108411.
- Mai, N., Prifti, V., Kim, M., ve Halterman, M. W. (2020). Characterization of neutrophil-neuronal co-cultures to investigate mechanisms of post-ischemic immune-mediated neurotoxicity. *Journal of Neuroscience Methods*, 341, 108782.
- Matsumoto, M., Saito, T., Takasaki, J., Kamohara, M., Sugimoto, T., Kobayashi, M., Tadokoro, M., Matsumoto, S.-i., Ohishi, T., ve Furuichi, K. (2000). An evolutionarily conserved G-protein coupled receptor family, SREB, expressed in the central nervous system. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 272(2), 576-582.
- McIlwraith, E. K., ve Belsham, D. D. (2018). Phoenixin: uncovering its receptor, signaling and functions. *Acta Pharmacologica Sinica*, 39(5), 774-778.
- McIlwraith, E. K., Loganathan, N., ve Belsham, D. D. (2018). Phoenixin expression is regulated by the fatty acids palmitate, docosahexaenoic acid and oleate, and the endocrine disrupting chemical bisphenol A in immortalized hypothalamic neurons. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 838.
- McIlwraith, E. K., Loganathan, N., ve Belsham, D. D. (2019). Regulation of Gpr173 expression, a putative phoenixin receptor, by saturated fatty acid palmitate and endocrine-disrupting chemical bisphenol A through a p38-mediated mechanism in immortalized hypothalamic neurons. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 485, 54-60.

- McIlwraith, E. K., Zhang, N., ve Belsham, D. D. (2022). The regulation of phoenixin: A fascinating multidimensional peptide. *Journal of the Endocrine Society*, 6(2), bvab192.
- McKibbin, P. E., Rogers, P., ve Williams, G. (1991). Increased neuropeptide Y concentrations in the lateral hypothalamic area of the rat after the onset of darkness: possible relevance to the circadian periodicity of feeding behavior. *Life Sciences*, 48(26), 2527-2533.
- MedKoo Biosciences. (t.y.). Phoenixin-20. MedKoo Biosciences. Erişim tarihi: 29 Eylül 2025, Erişim adresi: <https://www.medkoo.com/products/45822>.
- Millar, R. P., ve Newton, C. L. (2013). Current and future applications of GnRH, kisspeptin and neurokinin B analogues. *Nature Reviews Endocrinology*, 9(8), 451-466.
- Nguyen, X. P., Nakamura, T., Osuka, S., Bayasula, B., Nakanishi, N., Kasahara, Y., Muraoka, A., Hayashi, S., Nagai, T., ve Murase, T. (2019). Effect of the neuropeptide phoenixin and its receptor GPR173 during folliculogenesis. *Reproduction*, 158(1), 25-34.
- Pałasz, A., Rojczyk, E., Bogus, K., Worthington, J. J., ve Wiaderkiewicz, R. (2015). The novel neuropeptide phoenixin is highly co-expressed with nesfatin-1 in the rat hypothalamus, an immunohistochemical study. *Neuroscience Letters*, 592, 17-21.
- Pałasz, A., Tyszkiewicz-Nwafor, M., Suszka-Świtek, A., Bacopoulou, F., Dmitrzak-Węglarz, M., Dutkiewicz, A., Słopeń, A., Janas-Kozik, M., Wilczyński, K. M., ve Filipczyk, Ł. (2021). Longitudinal study on novel neuropeptides phoenixin, spexin and kisspeptin in adolescent inpatients with anorexia nervosa—association with psychiatric symptoms. *Nutritional Neuroscience*, 24(11), 896-906.
- Prinz, P., Scharner, S., Friedrich, T., Schalla, M., Goebel-Stengel, M., Rose, M., ve Stengel, A. (2017). Central and peripheral expression sites of phoenixin-14 immunoreactivity in rats. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 493(1), 195-201.
- Rocca, C., Scavello, F., Granieri, M. C., Pasqua, T., Amodio, N., Imbrogno, S., Gattuso, A., Mazza, R., Cerra, M. C., ve Angelone, T. (2018a). Phoenixin-14: detection and novel physiological implications in cardiac modulation and cardioprotection. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 75, 743-756.
- Rocca, C., Scavello, F., Granieri, M. C., Pasqua, T., Amodio, N., Imbrogno, S., Gattuso, A., Mazza, R., Cerra, M. C., ve Angelone, T. (2018b). Phoenixin-14: detection and novel physiological implications in cardiac modulation and cardioprotection. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 75(4), 743-756.

- Schalla, M., Prinz, P., Friedrich, T., Scharner, S., Kobelt, P., Goebel-Stengel, M., Rose, M., ve Stengel, A. (2017). Phoenixin-14 injected intracerebroventricularly but not intraperitoneally stimulates food intake in rats. *Peptides*, 96, 53-60.
- Schalla, M. A., ve Stengel, A. (2018). Phoenixin—a pleiotropic gut-brain peptide. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), 1726.
- Schalla, M. A., ve Stengel, A. (2019). The role of phoenixin in behavior and food intake. *Peptides*, 114, 38-43.
- Soya, S., ve Sakurai, T. (2020). Evolution of orexin neuropeptide system: structure and function. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 691.
- Stein, L. M., Haddock, C. J., Samson, W. K., Kolar, G. R., ve Yosten, G. L. (2018). The phoenixins: From discovery of the hormone to identification of the receptor and potential physiologic actions. *Peptides*, 106, 45-48.
- Stein, L. M., Tullock, C. W., Mathews, S. K., Garcia-Galiano, D., Elias, C. F., Samson, W. K., ve Yosten, G. L. (2016). Hypothalamic action of phoenixin to control reproductive hormone secretion in females: importance of the orphan G protein-coupled receptor Gpr173. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 311(3), R489-R496.
- Sun, G., Ren, Q., Bai, L., ve Zhang, L. (2020). Phoenixin-20 suppresses lipopolysaccharide-induced inflammation in dental pulp cells. *Chemico-Biological Interactions*, 318, 108971.
- Telegdy, G., Tanaka, M., ve Schally, A. V. (2009). Effects of the LHRH antagonist Cetrorelix on the brain function in mice. *Neuropeptides*, 43(3), 229-234.
- Treen, A. K., Luo, V., ve Belsham, D. D. (2016). Phoenixin activates immortalized GnRH and kisspeptin neurons through the novel receptor GPR173. *Molecular Endocrinology*, 30(8), 872-888.
- Ullah, K., ur Rahman, T., Wu, D.-D., Lin, X.-H., Liu, Y., Guo, X.-Y., Leung, P. C., Zhang, R.-J., Huang, H.-F., ve Sheng, J.-Z. (2017). Phoenixin-14 concentrations are increased in association with luteinizing hormone and nesfatin-1 concentrations in women with polycystic ovary syndrome. *Clinica Chimica Acta*, 471, 243-247.
- Umathe, S., Bhutada, P., Jain, N., Shukla, N., Mundhada, Y., ve Dixit, P. (2008). Gonadotropin-releasing hormone agonist blocks anxiogenic-like and depressant-like effect of corticotrophin-releasing hormone in mice. *Neuropeptides*, 42(4), 399-410.
- Vesce, S., Rossi, D., Brambilla, L., ve Volterra, A. (2007). Glutamate release from astrocytes in physiological conditions and in neurodegenerative disorders characterized by neuroinflammation. *International Review of Neurobiology*, 82, 57-71.

- Wang, J., Zheng, B., Yang, S., Tang, X., Wang, J., ve Wei, D. (2020). The protective effects of phoenixin-14 against lipopolysaccharide-induced inflammation and inflammasome activation in astrocytes. *Inflammation Research*, 69(8), 779-787.
- Wang, M., Deng, S.-P., Chen, H.-P., Jiang, D.-n., Tian, C.-X., Yang, W., Wu, T.-l., Zhu, C.-H., Zhang, Y., ve Li, G.-L. (2018). Phoenixin participated in regulation of food intake and growth in spotted scat, *Scatophagus argus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 226, 36-44.
- Wilkinson, M., ve Brown, R. E. (2015). *An introduction to Neuroendocrinology*. Cambridge University Press.
- Yosten, G. L., Lyu, R. M., Hsueh, A. J., Avsian-Kretchmer, O., Chang, J. K., Tullock, C. W., Dun, S., Dun, N., ve Samson, W. K. (2013). A novel reproductive peptide, phoenixin. *Journal of Neuroendocrinology*, 25(2), 206-215.
- Zandeh-Rahimi, Y., Panahi, N., Hesaraki, S., ve Shirazi-Beheshtiha, S. H. (2022). Protective effects of phoenixin-14 peptide in the indomethacin-induced duodenal ulcer: An experimental study. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 28(1), 43.
- Zhang, B., ve Li, J. (2020). Phoenixin-14 protects human brain vascular endothelial cells against oxygen-glucose deprivation/reoxygenation (OG-D/R)-induced inflammation and permeability. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 682, 108275.

Palyatif Bakımda Çocuk Gelişimi ve Yaşam Kalitesi

Sibel Aydın¹

Kadriye Özyazıcı²

Özet

Yaşamı tehdit eden hastalıklarla karşılaşan bireyler ve aileleri, fiziksel acının yanı sıra duygusal ve sosyal birçok zorluklarla mücadele etmektedir. Bu süreçte özellikle çocukların benzersiz gelişimsel ihtiyaçları, aile dinamiklerinin karmaşıklığı ve yaşam kalitesinin çok boyutlu yapısı, geleneksel tıbbi yaklaşımların ötesinde bütüncül bir bakım anlayışını gerekli kılmaktadır. Pediatrik palyatif bakım, ciddi ve süregelen hastalığı olan çocuklar ve aileleri için yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen bütüncül bir bakım felsefesidir. Bu yaklaşım; çocuğun fiziksel, zihinsel ve ruhsal ihtiyaçlarını bütüncül bir şekilde ele alırken aileye de sürekli destek sağlamayı içerir. Semptom kontrolü ile bireyin kişisel bütünlüğünü korumayı ve yaşam kalitesini artırmayı hedefler. Bu süreçte fiziksel ve psikolojik semptomlar, hastalık seyri boyunca düzenli olarak değerlendirilir ve etkin bir şekilde yönetilir. Palyatif bakım, hastalıktan kaynaklı gelişebilecek ihtiyaçlara yönelik olarak multidisipliner bir ekibi de beraberinde getirmektedir. Bu ekip içerisinde çocuk gelişimcilerin de bulunması önem arz etmektedir. Çocuk gelişimcilerin, aile ve çocuğun bilgilendirilmesinde, aile odaklı bakımda, tedavi edici oyunda, çocuk yaşam hizmetleri içinde çocuk ve aileye gerekli psikososyal destek sunmada, çocuğun eğitim ihtiyacına katkıda bulunmada ve ağrı yönetiminde non-farmakolojik yöntemler (yatak başı etkinlik, oyun vb.) uygulamada görev alabilecekleri düşünülmektedir.

Bu bölüm kapsamında ilk olarak palyatif bakımın tanımı, kapsamı, uygulama modelleri ve temel ilkelerine yer verilmiştir. Ardından pediatrik palyatif bakımın yetişkin palyatif bakımdan ayrılan özellikleri, pediatrik hastalarda

- 1 Dr. Öğretim Üyesi, Giresun Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, sibel.karadavut@giresun.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4754-3734>
- 2 Dr. Öğretim Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Yıldızeli Meslek Yüksekokulu, kozyazici@cumhuriyet.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2559-5816>

palyatif bakıma ihtiyaç duyulan durumlar ve palyatif bakım ekibi ile görevleri açıklanmıştır. Son olarak çocuk gelişimi mesleğinin pediatrik palyatif bakımdaki yerine değinilmiştir.

1. Palyatif Bakım

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) palyatif bakım kavramını ilk olarak 1986 yılında tanımlamıştır. Palyatif bakım; yaşamı tehdit eden hastalıklarda ortaya çıkan sorunları erken tanı ve kapsamlı değerlendirme yoluyla önlemeyi hedefleyen bütüncül bir yaklaşımdır. Palyatif bakımın temel amacı; hastanın ağrı, fiziksel, psikososyal ve ruhsal sıkıntıların giderilmesi yoluyla yaşam kalitesini artırmaktır (Mercadante, Gregoretti & Cortegiani, 2018). Bu bağlamda, yoğun bakım üniteleri gibi kritik alanlarda palyatif bakım ihtiyacı özellikle belirgindir. Yoğun bakım ünitelerinde yatan hastalarda ağrı, anksiyete ve uyku bozuklukları gibi rahatsız edici semptomlar sıklıkla görülmekte, hatta bu semptomlar taburcu olduktan sonra da devam edebilmektedir (Pandharipande ve ark., 2013). Özellikle ölüm riski yüksek olan hastalarda bu semptomların görülme sıklığı %27-75 arasında değişmektedir (Puntillo ve ark., 2010). Bu nedenle; palyatif bakım rutin yoğun bakım uygulamaları arasında yer alması önerilen temel bir yaklaşımdır (Edwards, Voigt & Nelson, 2017).

Yoğun bakım ünitelerindeki ilk palyatif bakım uygulamaları, ölüm süreci ve ölüm kalitesinin iyileştirilmesine odaklanmıştır. Bu bakımın kapsamı zamanla genişleyerek yoğun bakım tedavisi alan ve hayatta kalması beklenen hastaların ihtiyaçlarını da kapsayacak biçimde genişletilmiştir. Palyatif bakım; semptom yönetimi, ortak karar alma süreçlerinin desteklenmesi ve bakım verenin yükünün hafifletilmesi dahil olmak üzere yoğun bakım sürecinin her aşamasında ve sonrasında ihtiyacı kapsar (Aslakson ve ark., 2017; Edwards ve ark., 2017). Bu doğrultuda, ağrı ve diğer semptomları önceden tahmin etmek veya en aza indirmek amacıyla palyatif bakım değerlendirmesine mümkün olan en erken dönemde başlanması gerekmektedir (Mularski ve ark., 2005). Palyatif bakım hizmetleri sadece yoğun bakım üniteleri ile sınırlı kalmayıp hastane, ev ve toplum merkezli olarak da yürütülmektedir.

1.1. Hastane temelli palyatif bakım: Hastanelerde faaliyet gösteren palyatif bakım birimleri, ileri düzeyde tıbbi gereksinimleri bulunan, semptom yönetimi zorunlu olan ve günlük yaşam aktivitelerinde destek ihtiyacı olan hastaların yaşam kalitesini artırmayı hedefler. Bu birimler, karmaşık sağlık sorunlarıyla karşılaşan bireylere kapsamlı bir bakım sunarken, aynı zamanda tedavi süreçlerinin maliyetlerini de düşürmektedir (Yıldırım, 2015).

Hastanelerde palyatif bakım üniteleri uzmanlaşmış hemşire ve hekimler aracılığıyla optimal bakım hizmeti sağlamaktadır (Wiencek ve Coyne, 2014).

1.2. Ev temelli palyatif bakım: Evde palyatif bakım modeli; yaşam sonu dönemdeki bireylere kendi ortamlarında bakım sağlamayı, palyatif bakım uzmanlığının etkin kullanımını artırmayı hem aile hem de toplum sağlığı çalışanlarını desteklemeyi hedeflemektedir. Bu model ayrıca akut hastane yatışlarını azaltarak sağlık sistemi maliyetlerini düşürme potansiyeli taşımakta ve gereksiz tedavileri azaltmaktadır (Luckett ve ark., 2013). Özellikle hastaneye ulaşımı zor olan, ileri yaşta veya ağır hastalığı bulunan bireyler için evde bakım önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Hospis bakımı için uygun olmayan ancak palyatif desteğe ihtiyaç duyan hastalar da bu modelden yararlanabilmekte ve bakım ihtiyaçları kendi yaşam alanlarında karşılanabilmektedir (Wiencek ve Coyne, 2014). Evde palyatif bakım modellerinin avantajları arasında; iletişim ve koordinasyonu güçlendirmesi, birincil bakım ekipleri ile aile bakım verenlerinin becerilerini geliştirmesi ve önceden bakım planlaması yoluyla tedavi hedeflerinin netleştirilmesi yer almaktadır (Luckett ve ark., 2014). Bu model kapsamında hastalara yüz yüze ziyaretler, tıbbi ekipman temini ve telefonla destek hizmeti sunulur. Bakım süreci palyatif bakım uzmanı bir hekim, hemşire ya da aile hekimi tarafından yönetilebilir ve genellikle disiplinler arası bir ekip çalışması şeklinde gerçekleştirilir (Stokes ve Good, 2024). Bununla birlikte disiplinler arası ekibe sınırlı erişim ve kaynak dağılımındaki kısıtlar modelin dezavantajları arasında sayılabilir (Wiencek ve Coyne, 2014).

1.3. Toplum temelli palyatif bakım: Bu model, ayaktan tedavi edilebilen hastalara yönelik klinikler şeklinde organize olmuştur. Genel olarak, yaşam sonu hastalarına yönelik ağırlıklı olarak toplum temelli hospis bakımı sunulmaktadır. Düşük maliyetli bakım sunması nedeniyle son yıllarda öne çıkan bu modelde (Hui ve Bruera, 2015), semptom yönetimi ve beslenme desteğinin yanı sıra hasta ve yakınlarına psikososyal ve manevi destek de sağlanmaktadır. Ayrıca aile üyelerine bakım becerileri konusunda eğitim verilmektedir (Beresford ve Kerr, 2012).

2. Palyatif Bakım Modelleri

Palyatif bakım hizmeti, entegrasyon şekline göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma, palyatif bakımın sağlık sistemine nasıl entegre edildiğini tanımlar. Özellikle hastane gibi kurumsal ortamlarda geçerlidir. Temelde bütünleştirici model, danışmanlık modeli ve karma model olmak üzere üç temel model bulunmaktadır:

2.1. Bütünleştirici Model: Bu model; temel semptom yönetimi, uygun iletişim teknikleri ve hastaların değer, hedef ve tercihlerine dayalı ortak karar alma süreçlerini içeren genel palyatif bakım becerilerinin yoğun bakım klinisyenleri tarafından tüm hastaların günlük bakımına entegre edilmesini ifade eder (Mercadante ve ark., 2018; Nelson ve ark., 2013). Bütünleştirici model, özellikle palyatif bakım uzmanı sayısının kısıtlı olduğu durumlarda hizmet sunumundaki bağımlılığı azaltma avantajına sahiptir (Hua, Li, Blinderman & Wunsch, 2014).

2.2. Danışmanlık Modeli: Bu model, karmaşık palyatif bakım ihtiyaçlarında yoğun bakım ekibine uzman palyatif bakım danışmanlığı sağlanmasını temel alır. Bu model, dirençli semptomlar, ağır psikososyal veya manevi sıkıntı, karar çatışması gibi durumlarda tercih edilmektedir. Modelin temel amacı, kötü prognoz riski yüksek hastalarda palyatif bakım kalitesini artırmaktır. Danışmanlık ekibinde hekimler, hemşireler, sosyal hizmet uzmanları ve manevi bakım verenler yer alabilir (Mercadante ve ark., 2018). Bütünleştirici modelden farklı olarak bu modelde palyatif bakım hizmeti özelleşmiş bir ekip tarafından verilmektedir (Nelson ve ark., 2010). Ayrıca yoğun bakım uzmanlarının iş yükünü hafifleterek özellikle büyük ünitelerde zaman yönetimi açısından fayda sağlayabilmektedir (Scheunemann, McDevitt, Carson & Hanson, 2011; Ward, Read, Afessa & Kahn, 2012).

2.3. Karma Model: Bütünleştirici ve danışmanlık modellerinin birlikte kullanıldığı hibrit bir yaklaşımdır (Aslakson, Curtis & Nelson, 2014). Bu modelde; rutin palyatif bakım ihtiyaçları yoğun bakım ekibi tarafından karşılanırken, karmaşık veya dirençli sorunlarda palyatif bakım uzmanlarından konsültasyon istenmektedir. Her iki modelin de etkin olabileceği ve model seçimi kurumun kaynaklarına ve ihtiyaçlarına göre şekillenmektedir (Nelson ve ark., 2010). Tıpkı kardiyoloji veya nefroloji ve diğer uzmanlık alanlarındaki gibi karma model, yoğun bakımda palyatif bakımın etkin sağlanması için güçlü bir alternatif oluşturmaktadır (Quill ve Abernethy, 2013).

3. Palyatif Bakım İlkeleri

Palyatif bakımın vazgeçilmez ilkesi multidisipliner ekip yaklaşımı oluşturulmasıdır. Ekibin tedavi sorumluluklarını paylaşılması bir zorunluluktur. Bakım ihtiyaçları karmaşık, yoğun ve daha sık gerektiğinde, hastaları daha bütünsel bir şekilde tedavi etmek için birden fazla sosyal ve sağlık profesyonelin uzmanlığından yararlanılır (Kesonen ve ark., 2024).

Yoğun bakım ünitelerindeki ölümlerin önemli bir kısmı yaşam desteğinin sınırlandırılması kararı sonrasında gerçekleşmektedir. Bu nedenle yoğun bakım klinisyenlerinin yaşam desteğinin sınırlandırılması veya geri çekmeye

ilişkin etik ve pratik becerilere sahip olması da gerekmektedir (Downar, Delaney, Hawryluck & Kenny, 2016). Bu süreç sedasyon, analjezi ve ilaç dışı yöntemlerle semptom kontrolünün yanı sıra özerklik, kapasite belirleme ve vekalet gibi karar alma unsurlarını destekleyecek nitelikli iletişimi de kapsar. Ayrıca klinisyenler, hasta yakınlarının ihtiyaçlarını öngörerek kayıp sürecini hafifletmeye yönelik destek mekanizmalarını da harekete geçirmelidir. Bu uygulamalara rehberlik eden yapılandırılmış protokoller uygulanır (Treece ve ark., 2004).

Dünya Sağlık Örgütü palyatif bakımın temel ilkelerini şu şekilde özetlemiştir:

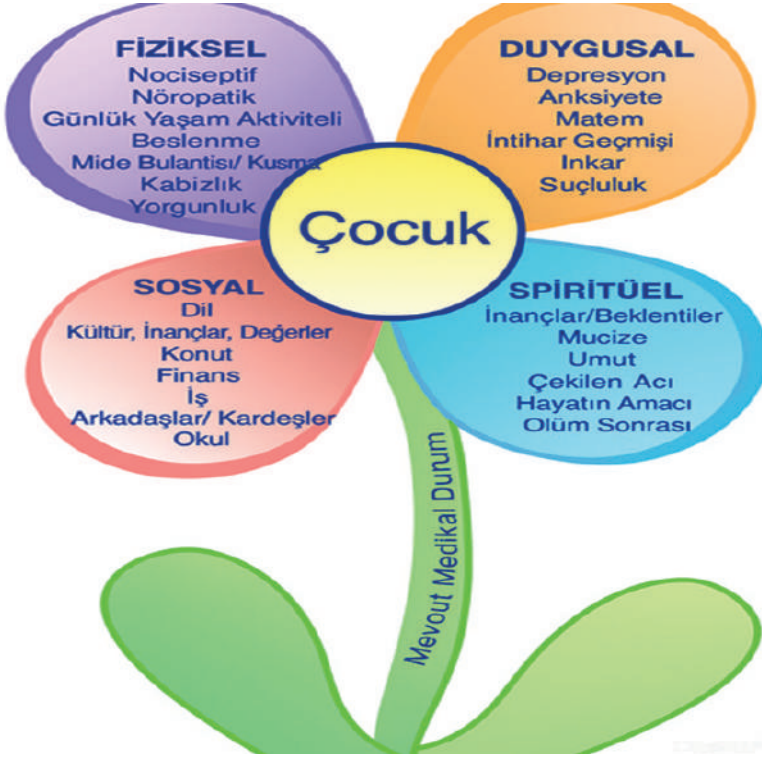
- Ağrı ve diğer rahatsız edici semptomların giderilmesi
- Yaşamı onaylayarak ölümün doğal bir süreç olarak kabul edilmesi
- Ölümlü ne hızlandırma ne de erteleme amacı güdülmesi
- Psikolojik ve manevi boyutların hasta bakımına entegre edilmesi
- Bireylerin yaşamlarını mümkün olduğunca aktif ve anlamlı sürdürmelerini destekleyecek sistemler sunulması
- Hasta ailelerinin baş etme ve yas süreçlerinde desteklenmesi
- Ekip çalışması ile kapsayıcı bakım sağlanması
- Yaşam kalitesini iyileştirmeye odaklanması
- Erken evrelerde palyatif bakımın yaşamı uzatıcı tedavilerle birlikte uygulanabilmesi ve klinik komplikasyonların yönetimine yönelik araştırmaların teşvik edilmesi (Radbruch ve Downing, 2010).

4. Pediatrik Palyatif Bakım

Dünyada her yıl yaklaşık 21 milyon 20 yaş altı bireyin pediatrik palyatif bakıma ihtiyaç duyduğu ve bu grupta yıllık ölüm sayısının 2,5 milyona ulaşabildiği tahmin edilmektedir (Chelazzi ve ark., 2023). Pediatrik palyatif bakımı, yaşamı tehdit eden bir hastalıkla karşılaşan çocuk ve ailelerinin acısını önlemeyi, hafifletmeyi hedefleyen kapsamlı bir bakım yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Rattner, 2022). Bu bakım, hastalığın ölümle sonuçlanacağı düşünülen çocukların yanı sıra kronik hastalık tanısı alan çocuklar ve aileleri de kapsamaktadır (Harputluoğlu ve Çelik, 2020).

Yaşamı tehdit eden veya sınırlayan hastalıklar ile son dönem hastalıklar kapsamında pediatrik palyatif bakım ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Benini ve ark., 2022). Bu kapsamdaki durumlar; ileri kronik bulaşıcı olmayan hastalıklar, akut yaşamı tehdit eden durumlar, ilerleyici nörolojik bozukluklar,

ciddi prematüre yenidoğanlar, konjenital anomalili çocuklar ve beklenmedik kayıp durumları olarak sınıflandırmaktadır (WHO, 2018). Yaşamı sınırlayan tehdit edici bir rahatsızlığın tanısı, ciddi hastane yatışları, yaşam desteği için invaziv tıbbi cihazların kullanımı, ağrı veya diğer semptomların yönetiminde zorluklar, karmaşık psikososyal-manevi ihtiyaçlar ve yas dönemi gibi durumlar pediatrik palyatif bakım gerektirmektedir. Bu kriterlerden birinin varlığı durumunda, çocuğun ve ailenin kapsamlı palyatif bakım desteğine erişimi sağlanmalıdır (Jankovic, 2019).



Şekil 1. Fiziksel acı deneyimi, sosyal bağlam, duygusal etki ve acıya atfedilen anlam tarafından değiştirilmektedir (Norris, Minkowitz & Scharbach, 2019).

Pediatrik palyatif bakım, ciddi ve karmaşık hastalığı olan çocuklar ve aileleri için yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen bütüncül bir bakım felsefesidir (Pyke-Grimm ve ark., 2021). Bu yaklaşım; çocuğun fiziksel, zihinsel ve ruhsal ihtiyaçlarını bütüncül bir şekilde ele alırken aileye de sürekli destek sağlamayı içerir (WHO, 1998). Semptom kontrolü ile bireyin kişisel bütünlüğünü korumayı ve yaşam kalitesini artırmayı hedefler (Chelazzi ve ark., 2023). Bu süreçte fiziksel ve psikolojik semptomlar, hastalık seyri boyunca düzenli olarak değerlendirilir ve etkin bir şekilde yönetilir (Friedrichsdorf ve Kang,

2007; Norris ve ark., 2019). Şekil 1'de görüldüğü gibi palyatif bakım, bireyi yalnızca tıbbi bir vaka olarak değil, bütüncül olarak ele alır (Norris ve ark., 2019). Bakım süresince, hastalıkla mücadele eden çocuğa yetkin, şefkatli ve kesintisiz bir bakım sunulur (Foster, Lafond, Reggio & Hinds, 2010). Çocuk ile gelişimsel düzeyine uygun, açık, dürüst ve empatik bir iletişim kurularak prognoz, tedavi seçenekleri ve bakım planları paylaşılır (Kang ve ark., 2005). Çocuk ve ailenin tercihlerine saygı göstererek yaşam sonu dahil olmak üzere her ortamda sürekli destek sağlanır (Browning ve ark., 2005).

Pediyatrik palyatif bakım, kaynakların sınırlı olduğu durumlarda dahi uygulanması gereken temel bir hizmettir (WHO, 1998). Hastalığın prognozu ne olursa olsun, tanı konulduğu andan itibaren erken dönemde başlatılması önerilen ideal bir yaklaşımdır (Norris ve ark., 2019). Pediyatrik palyatif bakım, aktif tedavilerle eş zamanlı olarak yürütülür ve çocuk doktorları başta olmak üzere farklı uzmanların katılımını gerektirir. Özellikle nadir ve karmaşık hastalıklarda, uzmanlaşmış bilgi birikimi büyük önem taşır (Mack ve Wolfe, 2006). Pediyatrik palyatif bakım, hastane-ev-toplum ekseninde süreklilik gösteren bir bakımdır (Benini, Spizzichino, Trapanotto & Ferrante, 2008).

5. Pediyatrik Palyatif Bakım ile Yetişkin Palyatif Bakım Arasındaki Farklar

Pediyatrik ve yetişkin palyatif bakım, semptom kontrolü ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesi gibi temel amaçlar bakımından benzerlik gösterir. Her iki disiplin de iyileştirici tedavilerden ziyade ağrı ve diğer semptomların giderilmesine odaklanmakta ve aynı biyoetik ilkelerle desteklenmektedir (Chelazzi ve ark., 2023; Mohanti, 2009). Bununla birlikte, yaşam kalitesini iyileştirme hedefi ortak olsa da bu hedefe ulaşmada kullanılan yöntemler, uygulama, kapsam ve yaklaşım açısından belirgin farklılıklar vardır.

5.1. Bakımın Odağı: Pediyatrik ve yetişkin palyatif bakım arasındaki temel farklardan biri, bakım odağının niteliğindedir. Her iki yaklaşım da benzer hedefler ve bakım alanlarını paylaşıp da pediyatrik palyatif bakım çocuğun ve ailenin bütüncül ihtiyaçlarına odaklanır. Çocuklar aile bağlamında var olduğundan (Jones ve ark., 2014; Norris ve ark., 2019), pediyatrik palyatif bakım doğası gereği çocuk ve aile merkezlidir. Bu yaklaşımda aile, bakım sürecinin hem aktif bir katılımcısı hem de desteklenmesi gereken bir bileşenidir (Lohman ve ark., 2022). Ebeveyn ve çocuk arasındaki güçlü bağ dikkate alındığında, ebeveynler ve kardeşler için psikososyal destek hizmetleri aile temelli bakımın ayrılmaz bir parçasını oluşturur (Kearney, Salley & Muriel, 2015; Snaman, McCarthy, Wiener & Wolfe, 2020). Klinisyenler,

fiziksel semptomları yönettikleri gibi, hasta ve ailenin duygusal işlevselliğini de süreç boyunca izler ve destekler (McCabe, 1996).

5.2. Hastalık Türleri ve Prognoz: Pediatrik ve yetişkin palyatif bakım arasındaki önemli farklardan biri de hastalık türleri ve prognoz özellikleridir. Palyatif bakıma ihtiyaç duyan çocukların tanı dağılımı oldukça çeşitlidir ve her bir hastalığın seyri farklı, çoğu zaman belirsiz bir prognoza sahiptir (Brook ve Hain, 2008). Pediatrik popülasyonda nadir hastalıklar ve karmaşık kronik durumlar yaygın olarak görülmektedir. Buna karşılık yetişkinlerde palyatif bakım genellikle kanser, kalp yetmezliği gibi daha yaygın hastalıklarla ilişkilidir ve hastalık genellikle daha öngörülebilir biçimde seyretmektedir (Madden, 2018). Mevcut palyatif bakım kılavuzlarında her iki popülasyon için de ekip yapısı ve bakım ortamları genellikle benzerlik gösterir (Henderson ve ark., 2019).

Yaşam kalitesi yaklaşımı da iki grup arasında farklılık göstermektedir. Yetişkinlerde yaşam kalitesi, çoğunlukla invaziv tedavilerin sonlandırılması ve semptom kontrolüne odaklanılarak iyileştirilirken; çocuklarda bu kavram çok daha karmaşıktır ve hastalığa özgü tedavilerin sonlandırılması tedavinin zorunlu bir parçası değildir (Chelazzi ve ark., 2023).

5.3. Bakım Süresi ve Dinamikleri: Pediatrik ve yetişkin palyatif bakım arasındaki önemli farklardan biri de bakım süresi ve seyrinin dinamikleridir. Pediatrik palyatif bakım genellikle yıllar sürebilen belirsiz bir süreci kapsamakta ve bu nedenle erken sevk, esnek organizasyon ve toplum entegrasyonu gerektirmektedir (Fried, Shaulov, Revel-Vilk & Siedner-Weintraub, 2024). Bu uzun soluklu yaklaşım ihtiyacı, küresel çocuk sağlığı çalışmalarının ağırlıklı olarak ölüm oranlarını azaltmaya odaklanması gerçeğiyle daha da belirginleşmektedir (Connor, Downing & Marston, 2017). Buna karşılık yetişkin palyatif bakımında süre genellikle daha kısa ve hastalık seyri daha öngörülebilir özellikler göstermektedir (Madden, 2018).

5.4. Bakım Modelleri ve Hizmet Sunumu: Pediatrik bakım ev ve toplum temelli hizmetlere daha fazla vurgu yaparken; geçici bakım gibi hizmetlerle aile yükü hafifletilir. Yetişkin bakımı ise daha çok hastane merkezli olabilir ve daha az esnek bir süreçte ilerleyebilmektedir (Chelazzi ve ark., 2023; Fried ve ark., 2024).

5.5. Gelişimsel İhtiyaçlar: Pediatrik ve yetişkin palyatif bakım arasındaki en temel farklardan biri de gelişimsel ihtiyaçların doğasıdır. Çocuklar; bebeklikten çocukluğa ve ergenliğe uzanan süreçte sürekli bir fiziksel, bilişsel ve duygusal dönüşüm içindedir. Bu dinamik gelişim süreci, pediatrik palyatif bakım ekibinin her değerlendirmede çocuğun mevcut gelişimsel düzeyini

dikkate almasını ve bakım yaklaşımını buna göre şekillendirmesini gerektirir (Drake ve Chang, 2019). Pediatrik palyatif bakımda büyüme, bilişsel gelişim ve duygusal olgunlaşma süreçleri aktif olarak desteklenirken, yetişkin palyatif bakımında gelişimsel konular daha sınırlı bir şekilde ele alınmakta, odak daha çok mevcut kapasitenin korunması ve yaşam bütünlüğünün sağlanması üzerine yoğunlaşmaktadır (Benini, Brogelli, Mercante & Giacomelli, 2024).

5.6. İletişim ve Karar Alma: Pediatrik ve yetişkin palyatif bakım arasındaki önemli farklardan biri de iletişim yaklaşımı ve karar alma süreçleridir. Yetişkin palyatif bakımı temelde hasta merkezliken, pediatrik palyatif bakımda yaşa uygun, aile merkezli iletişim esastır (Bergstraesser ve ark., 2021). Aile merkezli iletişim, hasta ve aile ile sağlık ekibi arasında daha etkili, verimli ve empatik bir diyalogu teşvik ederek kaliteli pediatrik sağlık hizmetinin temelini oluşturur (Levetown ve ark., 2008). Bu yaklaşım, ebeveynlerde gönül rahatlığı, kabul görme ve rahatlama duygularını geliştirirken, aynı zamanda sağlık ekibine duyulan güveni de artırır (Sisk, Mack, Ashworth & DuBois, 2018).

Tedavide karar alma süreçlerinde, çocukların yaşlarına bağlı olarak değişen düzeylerde karara katılım söz konusudur. Çocuklar tamamen aile kararlarına bağımlı olabildikleri gibi, karar alma kapasitelerine uygun olarak sürece dahil edilirler (Bogetz, Ullrich, & Berry, 2014). Buna karşılık, yetişkin palyatif bakımı ailenin ihtiyaçlarını gözetmekle birlikte temelde hasta merkezlidir (Lohman ve ark., 2022). Bu temel fark, iki popülasyon için bakım modellerinin şekillenmesinde belirleyici rol oynar.

6. Pediatrik Hastalarda Palyatif Bakıma İhtiyaç Duyulan Durumlar

Pediatrik hastalarda palyatif bakım hizmeti, yaşamsal olayları tehdit eden ya da kısıtlayan her türlü durumda verilebilmektedir (Chambers, 2018). Kraliyet Pediatrik ve Çocuk Sağlığı Birliği'nce hazırlanan "Çocukların Palyatif Bakım Servislerinin Geliştirilmesine Yönelik Rehber"de palyatif bakıma ihtiyaç duyan pediatrik hastalar şu şekilde sıralanmıştır:

1. Grup: İyileştirici tedavi seçeneğinin bulunmasına rağmen başarısızlıkla sonuçlanma olasılığının bulunduğu durumları kapsamaktadır. Başarısızlıkla sonuçlanan tedavi girişimleri sonucunda palyatif bakım ihtiyacı açığa çıkmakla birlikte bu dönemlerde hasta farklı servislere de nakledilebilir. Bu grup hastalara örnek olarak; kanserler, kalp, böbrek ve karaciğer yetmezliği gösterilebilir.

2. Grup: Bu gruptaki hastalar, ölümcül bir hastalığa sahiptir. Buradaki temel amaç hastaların hayatta kalma sürelerini uzatmak ve çocukların süregelen çocukluk etkinliklerine katılmaları ve sürdürmelerini sağlamaktır.

Bu gruptaki hastalara örnek olarak; kas distrofileri (örn: Duchenne kas distrofisi-DMD), SMA Tip 1 hastaları gösterilebilir.

3. Grup: Şu an için tedavisi olmayan ve hastalığın her şamasında tedavi amaçlı palyatif bakım gerektiren hastalardır. Bu gruptaki hastalara örnek olarak; konjenital anomaliler (örn: Batten hastalığı gibi), mukopolisakkaridozis gibi metabolik hastalıklar gösterilebilir.

4. Grup: Genel olarak geri dönüşü mümkün olmayan ve çoğunlukla ilerleme de göstermeyen fakat kalıcı sağlık sorunları ya da sakatlık gibi durumlara neden olan hastaları temsil eder. Bu hastalarda beklenmedik komplikasyonlara bağlı olarak erken ölüm riski oluşabilmektedir. Bu gruptaki hastalara örnek olarak; Serebral Palsi, Spinal Kord yaralanmasına bağlı çoklu yetersizlikler gösterilebilir (Algier, 2005; Zernikow, Michel, Craig & Anderson, 2009).

Pediyatrik palyatif bakımda temel amaç; yaşamsal süreci tehdit eden durumlar karşısında hem çocukta hem de ailede ortaya çıkan ruhsal, fiziksel, duygusal ve sosyal sorunların azaltılmasını sağlamak ve çocuğun yaş ile gelişim özellikleri de dikkate alınarak yaşam kalitesini arttırmaya yönelik girişimlerde bulunmaktır. Tüm bu süreçleri gerçekleştirirken de çocuk ile ailesinin ihtiyaçlarını, değerlerini ve isteklerini değerlendirmek ve bu doğrultuda uygulamalar gerçekleştirmek gerekmektedir (Elçigil, 2006; Erdem & Güneş, 2015).

7. Palyatif Bakım Ekibi ve Görevleri

Palyatif bakım ekibi, kişinin hastalıktan kaynaklı ortaya çıkabilen bakım ihtiyacı ve diğer gereksinimlerini desteklemeye yönelik olarak bir araya gelmiş farklı disiplinlerden oluşan uzmanları kapsamaktadır. Bu uzman ekip kadrosu; hastalığa bağlı gelişen bulguları yönetmek, hasta ve yakınına psikososyal destek sağlamak, aileleri sürece dahil edebilmek adına onları sürekli bilgilendirmek ve hastanın bakımına karar verme süreçlerine de katılımlarını sağlamaktadır (Weaver ve ark., 2021). Çocuklarda gerçekleştirilecek palyatif bakımda da süreç aynı doğrultuda ilerlemekte ve çocuğun hem beden hem ruhen hem de zihnen bakımını kapsamakla birlikte aile desteği de sunmaktadır. Bu süreç, hastalığın teşhisi ile başlamakta ve başarılı bir sonuç alabilmek için aileyi de içine alan geniş kapsamlı ve disiplinler arası bir süreci de beraberinde getirmektedir. Genel itibarıyla bu bakım, tek bir sağlık kurumuna bağlı kalmamakla birlikte üçüncü basamak sağlık kuruluşlarında, sağlık hizmeti veren tüm birimlerde ve hatta çocuk evlerinde dahi verilebilmektedir (WHO 2023).

Palyatif bakım, hastalıktan kaynaklı gelişebilecek ihtiyaçlara yönelik olarak multidisipliner bir ekibi de beraberinde getirmektedir. Bu ekip içerisinde doktor, hemşire, fizyoterapist, din görevlisi, psikolog, diyetisyen, algolog (ağrı tedavi doktoru), palyatif bakım uzmanı, sosyal çalışmacı, farmakolog, hasta bakım elemanı yer almaktadır (Kıvanç, 2017; Soyant & Mumcu, 2023; Yakar ve ark., 2021). Bu ekip içerisinde, hastanın farklı ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla bakım sürecinin değişik evrelerinde yardımcı olabilecek aile bireyleri ile gönüllü kişiler de dahil edilebilmektedir (Uslu & Terzioğlu, 2015). Palyatif bakım ekibi, hasta, hastalığın getirdiği ihtiyaçlar ve ailenin isteklerine bağlı olarak görev yapar ve hasta merkezli bir yaklaşım ile genel durumu iyileştirmek için çalışmalarda bulunur (Karakaya & Işıkhani, 2020). Avrupa’da gerçekleştirilen bir çalışmada, palyatif bakımda multidisipliner bir ekip oluşturunmasının ağrı yönetiminde daha başarılı olduğu, daha az bakım sıkıntısı yarattığı, bakımın sürekliliğini arttırdığı, bakım maliyetini azalttığı ve hastaların istedikleri yerlerde hayata veda ettikleri sonucuna ulaşılmıştır (Rubin, 2015). Tüm bu süreçler göz önüne alındığında palyatif bakım ekibinin temel görevleri şunlardır (Bilgehan & İnkaya, 2021):

- a) Hastalığa bağlı gelişen semptomları (ağrı vb. gibi) minimize etmek
- b) Günlük yaşam becerilerini gerçekleştirme aşamasında hastaya yardımcı olmak
- c) Hastaya uygulanacak her türlü girişim veya tedavi planında hasta ile ailesini dahil etmek
- d) Hastanın kararlarına ve seçimlerine saygı duymak ve bu doğrultuda hareket etmek
- e) Hasta ve aileleriyle etkili ve yapıcı iletişim kurmak
- f) Hasta ve ailelerinin ihtiyaçlarını belirlemek
- g) Hasta ve ailelerin ihtiyaçlarına yönelik eğitimler oluşturmak

Bu temel görevleri yerine getirebilen ve çocuk ile ailesi için en uygun bakıma karar verip uygulayan palyatif bakım ekibi içinde, multidisipliner çalışmanın bir üyesi olan çocuk gelişimcilerin de yer alması palyatif bakımın amacına ulaşmasına katkı sağlayacaktır.

8. Çocuk Gelişimi Mesleğinin Pediatrik Palyatif Bakımdaki Yeri

Palyatif bakımın temel amacı, yaşamsal tehdit oluşturan hastalıkların sebep olduğu stresi ve çeşitli alanlarda oluşturduğu semptomları (fiziksel, ruhsal, duygusal ve sosyal alanlar gibi) azaltmak ya da ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen müdahale programları sayesinde hem hastanın hem de

ailesinin yaşam kalitesini yükseltmektir (Çelik & Koç, 2021). Bu doğrultuda çocuklara yönelik verilecek palyatif bakım sürecinde, yetişkinlerde olduğu gibi hasta ile ailesinin bireysel tercih ve ihtiyaçları ile inançları ve kültürel özellikleri dikkate alınarak bir çalışma gerçekleştirilmesi müdahaleden maksimum verim alınmasını da hızlandıracaktır (Elçigil, 2006). Hasta ve ailesinin ihtiyaç duyduğu durumlar, hastalığa ya da kişilere göre değişiklik göstermekle birlikte genel olarak eğitim, fiziksel, duygusal ve sosyal alan, günlük yaşam aktiviteleri, yaşam sonu bakım ya da yas süreçler ile ilgili olabilmektedir (American Academy of Pediatrics Committee on Bioethics, 2000). Tüm bu süreçler göz önüne alındığında çocuk hastalar ve ailelerinde hastalık ve hastane süreçlerine ilişkin oluşabilen psikososyal stresin azaltılması aşamasında sağlıkta çalışan çocuk gelişimciler büyük görevler düşmektedir. Sağlık Meslek Mensupları ile Sağlık Hizmetlerinde Çalışan Diğer Meslek Mensuplarının İş ve Görev Tanımlarına Dair Yönetmelik'te hastanede çalışan çocuk gelişimcisinin görevleri ise şu şekilde sıralanmıştır (Resmî Gazete, 2014):

- a) Çocukların gelişim alanlarının tamamını değerlendirip gerekli gelişimsel müdahale programları oluşturarak uygular,
- b) Çocuğun gelişimsel ihtiyaçları ile uyum süreçlerini desteklemek adına sağlık kuruluşlarında gerekli ortamların oluşturulmasını sağlar,
- c) Çocuğun ailesine gerekli eğitimler ve öneriler vererek çocuğun yaşayabileceği sorunları en aza indirmek ve psikososyal destek sağlamak,
- d) Risk grubunda yer alan çocuk ve bebeklerin takibini ilgili uzmanlarla birlikte yapar ve gelişimini destekleyecek uygulama önerileri oluşturarak destekler.

Çocukların hastane süreçleri ile var olan hastalığı algılamaları farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca yine akut bir hastalığa sahip çocuk ile kronik bir hastalığa sahip çocuk arasında da davranışsal ve düşünsel olarak farklılıklar bulunmaktadır (Cimete, Kuşuoğlu & Dede Çınar, 2013). Bu süreçte hastalık ve hastane sürecinin çocuğun gelişimsel sürecine zarar vermesini engellemek, hastalıktan kaynaklanan semptomların azaltılarak tedavi süreciyle bakım sürecinin verimli geçebilmesini sağlamak ve yine hastalıktan kaynaklanan biyolojik ve fizyolojik stresi azaltabilmek gerekmektedir. Pediatrik hastaların hastalık ve hastane süreçlerinde gelişebilecek psikososyal stresin en aza indirilmesi için belirli yaklaşımlar benimsenmektedir. Bunlar; aile ve çocuğun bilgilendirilmesi, aile odaklı bakım, tedavi edici (terapötik) oyun, çocuk yaşam hizmetleri, eğitim hizmeti (hastane okulları), ağrı yönetimidir (Atay, Eras & Ertem, 2011).

8.1. Aile ve Çocuğun Bilgilendirilmesi: Hastalık ve hastane sürecinin her aşamasında hem aile hem de çocuk, yaş ve gelişim düzeyine uygun olarak bilgilendirilerek tedavi ve bakıma katılımları sağlanmalıdır. Bu süreçte hasta ile ailesinin en sık sordukları ve cevabını aradıkları konu tedavi süreci olup bu konu hakkında gerçekçi ve tatmin edici bilgilerin durumu kabullenmelerinde ve tedavi sürecine uyumun kolaylaşmasında etkili olduğu görülmektedir (Dahlin, 2015). Bu sebeple tedavi süreci ve hastalığın seyri değiştikçe kişilere düzenli bilgi verilmesi ve hasta ile ailesinin sorularına cevap verilmesi ve gerekirse ailelere verilen her bilgide görsel ya da yazılı materyaller kullanılarak desteklenmesi önerilmektedir (Ishibashi, 2001). Hastanede çalışan çocuk gelişimciler, çocuk ile ailesinin daha önceki deneyimlerini, ailenin istek ve kültürel özelliklerini dikkate almakta ve çocuğun yaş ile gelişim özellikleri ışığında çocukla iletişime geçebilmekte ve sorularını cevaplayarak kişilerin kaygılarını azaltmakta görev alabilirler.

8.2. Aile Odaklı Bakım: Hastalığın tedavisi, hastaya uygulanacak her türlü işlem ve bakım süreçlerinde sağlık profesyonelleri ile ailenin birlikte çalıştığı ve karar verdiği bir hizmet olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca herhangi bir girişimsel müdahale sonrası ailenin çocuğunun yanında olması da aile odaklı bakım içerisinde yer almakta olup çocuğun ağrısı yönetmesini, hastaneye uyumunu ve iyileşmesini olumlu yönde etkilemektedir (Committee on Hospital Care & Institute for Patient- and Family-Centered Care, 2012). Hastalık ve tedavi süreci boyunca ailenin hem bakım ekibinin bir parçası olması hem de ebeveyn olarak sorumluluklarının olması nedeni ile ağır bir yük taşıdığı görülmektedir. Bu nedenle de sürekli danışmanlık hizmeti sunulması gereken bir gruptur (Algier, 2005). Çocuk gelişimciler, ailenin çocuğa bu süreçte nasıl davranması gerektiği, evdeki diğer çocuklara nasıl yaklaşması gerektiği gibi konularda bilgi verebilir ve sürece bu yönde katkı sağlayabilirler.

8.3. Tedavi Edici (Terapötik) Oyun: Oyun, çocuğun stresle baş edebilmesi ve olayları anlamlandırabilmesi için önemli bir süreçtir. Bu nedenle hastane ve hastalık süreçlerine ilişkin geliştirilen kaygının azaltılması, hastaneye uyumun artırılması ve bu süreçlerin gelişimsel herhangi bir soruna sebebiyet vermemesi adına hastanelerde tedavi edici oyun uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır. Bu oyunlar, özellikle çocuğun duygularını dışa vurmasına yardım etmekte, hastane süreçlerini deneyimleme fırsatı sunmakta ve tedaviye yardımcı uygulamaları oyun yoluyla aktarmasına yardımcı olmaktadır (Cimete, Kuğuoğlu & Dede Çınar, 2013; Zahr, 1998). Hastaneye yatma sürecinden başlayarak taburcu olana kadar her aşamada tedavi edici oyundan yararlanılabilir (Cimete, Kuğuoğlu, & Dede Çınar, 2013). Bu aşamada çocuk gelişimciler oyun yolu ile çocuklara hastalığı,

yapılacak işlemleri, ameliyat olacak ise nedeni ile sürecini anlatabilmekte ve çocukların hissettiklerini ve kaygılarını uygun bir şekilde dışa vurmasını sağlayabilmektedir. Hans Zulliger'in de söylediği gibi sadece oyun oynayarak da çocuklar kendilerini iyileştirebilmektedirler (Zülliger, 2005). Bu düşünceden yola çıkarak çocuk gelişimciler hem hastane hem de hastane odasında çocukların oyun ihtiyaçlarını giderebilecek alanlar oluşturabilir ve yaşına uygun oyunlara yönlendirebilirler.

8.4 Çocuk Yaşam Hizmetleri: Çocuk yaşam hizmetleri, çocuğun hastaneye yatışı ya da uygulanan tedavi süreci boyunca çocukta ve ailesinde oluşabilecek stresi en aza indirmek ve yaşanan olumsuz deneyimleri azaltmak amacıyla verilen bir hizmettir. Bu hizmetler içerisinde tedavi edici oyun, hastane sürecini olumlu yönde etkileyecek nitelikte gelişimsel aktiviteler ve kendini ifade etme becerilerini arttırıcı eğitimler yer almaktadır (Romito, Jewell & Jackson, 2021). Burada hastanede çalışan çocuk gelişimcilere büyük görevler düşmektedir. Çocuk gelişimciler, çocukların gelişim düzeyine, yaşına ve hastalıklarına uygun olarak hazırlanan ve çocukların oyun ihtiyaçlarını gidermesine yardımcı olan düzenlemeler yapabilir ve çocuk dostu bir hastane için adımlar atılmasına öncülük ederek çocukların kaliteli bir süreç geçirmelerine yardımcı olabilirler.

8.5. Eğitim Hizmeti (Hastane Okulları): Uzun süreli hastane yatışı yapan ya da hastalığı sebebiyle sık sık hastaneye yatması gereken çocuklar, okula düzenli bir şekilde devam edememektedirler. Bu durum çocukların hem sosyal yaşantısını hem de gelişimini olumsuz etkilemektedir. Bu engeli ortadan kaldırabilmek adına hastanelerde hastane okulları kurulmuş ve gelişimsel süreçlerini destekleyecek programlar oluşturulmuştur (Butler ve ark., 2008). Bu süreçte çocuk gelişimciler, hastane okullarına yardımcı olabilmek adına çocukların gelişimlerini destekleyecek etkinlikler ile eğitim hizmetini tamamlayıcı bir rol oynayabilirler.

8.6. Ağrı Yönetimi: Ağrı, kişinin psikolojik, biyolojik ve sosyal durumlarından etkilenebilen ve algılanma şekli kişiden kişiye farklılık gösteren bir durumdur (Guerra ve ark., 2021). Çocuk hastalarda ağrı yönetiminin başarılı bir şekilde yapılamaması yaşamsal bulguların kötüye gitmesine ve bağışıklık sisteminin zayıflamasına neden olmakla birlikte ileriki süreçlerde travma sonrası stres bozukluğu gibi psikolojik sorunlara yol açabilmektedir (Sabeti ve ark., 2021). Bu nedenle ağrının farmakolojik ya da non-farmakolojik yollarla yönetilmesi önem arz etmektedir. Çocuk gelişimciler gerek yatak başı etkinliklerle gerekse oyun odalarında non-farmakolojik yöntemlerden biri olan oyunu kullanarak bu süreçte destek sağlayabilirler.

Özetle çocuk gelişimcilerin, aile ve çocuğun bilgilendirilmesinde, aile odaklı bakımda, tedavi edici oyunda, çocuk yaşam hizmetleri içinde çocuk ve aileye gerekli psikososyal destek sunmada, çocuğun eğitim ihtiyacına katkıda bulunmada ve ağrı yönetiminde non-farmakolojik yöntemler (yatak başı etkinlik, oyun vb.) uygulamada görev alabilecekleri görülmektedir. Ayrıca çocukların gelişimsel süreçleri göz önüne alınarak hastalık ve tedavi süreçleri konusunda bilgilendirilmesi ve tüm bu süreçlere çocuğun ve ailesinin aktif katılmasını sağlamada da yine çocuk gelişimcilerden yararlanılabilmektedir (Meghani, 2004).

9. Sonuç ve Öneriler

Hastalık ve hastaneye yatış süreçleri ile uygulanan işlemlerin tamamı çocuklarda kaygı, regresyon, davranışsal sorunlar, içe kapanıklık, dürtüsellik, kekemelik vb. gibi birçok soruna neden olabilmektedir. Ayrıca bu sorunlar sadece hastane süreci ile kısıtlı kalmayıp taburcu olduktan sonra da uzun süreler devam edebilmekte ve kişinin yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Özellikle süregelen hastalığı bulunan hastaların sadece kendileri değil anne ve babaları, kardeşleri hatta birinci dereceden akrabaları dahi bu durumdan etkilenebilmektedirler. Pediatrik palyatif bakım ise hasta ile ailesinin hastalık nedeni ile yaşadığı bu sorunları azaltabilme ve baş edebilmelerine yardımcı olan bir bakım yaklaşımıdır. Pediatrik palyatif bakım, bir ekip işi olup çocuk ve ailesinin ihtiyaçlarına en uygun şekilde cevap verebilecek yeterli uzmanlığa ve eğitime sahip kişilerden oluşmaktadır. Pediatrik palyatif bakım hem ülkemizde hem de farklı birçok ülkede yeni yeni gelişmeye başlayan bir uzmanlık dalıdır. Bu nedenle palyatif bakım ekibi içerisinde hem bakımın kalitesini artırmak hem de çocuk ile ailesine yararlı olabilecek uzmanlardan biri olan çocuk gelişimcilerinde bulunması önem arz etmektedir.

İleriki süreçlerde; sağlık kuruluşlarında çalışan çocuk gelişimcilerin hem aileye hem de personele çocuğun gelişimsel süreci, hasta çocuğa yaklaşım, çocukla iletişim, non-farmakolojik yöntemlerden biri olan tedavi edici oyun hakkında eğitimler vermesi sağlanabilir. Aynı şekilde çocuklara verilecek bakımın yetişkinlerden farklı olduğunu bilen ve bu alanda eğitim almış olan çocuk gelişimciler sayesinde hasta ve ailesinin istek ve ihtiyaçlarına uygun olarak yaklaşılması sağlanabilir. Bu sayede palyatif bakımdan ve varsa tedaviden maksimum verim alınabilir. Hastanede multidisipliner bir ekibin üyesi olan çocuk gelişimcilerin aynı şekilde pediatrik palyatif bakım ekibi içerisinde de yer alması ekibin ve bakımın kalitesini artırarak iş yükünü azaltmaya yardımcı olacaktır. Özetle, hastanede çalışan çocuk gelişimciler, çocuğun olduğu her alanda olduğu gibi pediatrik palyatif bakım ekibi içerisinde de yer almalı ve çocuk alanında almış olduğu uzmanlık eğitimlerinden bakım süreci içerisinde yararlanılmalıdır.

Kaynaklar

- Algier, L. (2005). Çocuklarda palyatif bakım. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 58(3), 132-135.
- American Academy of Pediatrics Committee on Bioethics. (2000). Palliative care for children. *Pediatrics*, 106(2), 351-357.
- Aslakson, R. A., Curtis, J. R., & Nelson, J. E. (2014). The changing role of palliative care in the ICU. *Critical Care Medicine*, 42(11), 2418-2428. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000573>
- Aslakson, R. A., Reinke, L. F., Cox, C., Kross, E. K., Benzo, R. P., & Curtis, J. R. (2017). Developing a research agenda for integrating palliative care into critical care and pulmonary practice to improve patient and family outcomes. *Journal of Palliative Medicine*, 20(4), 329-343. <https://doi.org/10.1089/jpm.2016.0567>
- Atay, G., Eras, Z., & Ertem, İ. (2011). Çocuk hastaların hastane yatışları sırasında gelişimlerinin desteklenmesi. *Çocuk Dergisi*, 11(1), 1-4.
- Benini, F., Brogelli, L., Mercante, A., & Giacomelli, L. (2024). Transition to Adulthood in Pediatric Palliative Care: A Narrative Review. *Children*, 11. <https://doi.org/10.3390/children11070860>
- Benini, F., Papadatou, D., Bernad , M., Craig, F., De Zen, L., Downing, J., ... & Wolfe, J. (2022). International standards for pediatric palliative care: from IMPaCCT to GO-PPaCS. *Journal of Pain and Symptom Management*, 63(5), e529-e543. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2021.12.031>
- Benini, F., Spizzichino, M., Trapanotto, M., & Ferrante, A. (2008). Pediatric palliative care. *Italian Journal of Pediatrics*, 34(1), 4. <https://doi.org/10.1186/1824-7288-34-4>
- Beresford, L., & Kerr, K. (2012). *Next generation of palliative care: Community models offer services outside the hospital*. California Health Care Foundation.
- Bergstraesser, E., Thienprayoon, R., Brook, L., Fraser, L., Hynson, J., Rosenberg, A., Snaman, J., Weaver, M., Widger, K., Zernikow, B., Jones, C., & Schl gl, M. (2021). Top ten tips palliative care clinicians should know about prognostication in children. *Journal of Palliative Medicine*, 24(11), 1725-1731. <https://doi.org/10.1089/jpm.2021.0439>
- Bilgehan, T., & İnkaya, B. (2021). Palyatif hastalarına bakım veren bireylerin bakım y k  ve etkileyen fakt rler. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 24(1), 51-58.
- Bogetz, J. F., Ullrich, C. K., & Berry, J. G. (2014). Pediatric hospital care for children with life-threatening illness and the role of palliative care. *Pediatric Clinics*, 61(4), 719-733. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2014.05.002>

- Brook, L., & Hain, R. (2008). Predicting death in children. *Archives of Disease in Childhood*, 93(12), 1067-1070. <https://doi.org/10.1136/adc.2007.127332>
- Browning, D. M., Solomon, M. Z., & Initiative for Pediatric Palliative Care (IPPC) Investigator Team. (2005). The initiative for pediatric palliative care: An interdisciplinary educational approach for healthcare professionals. *Journal of Pediatric Nursing*, 20(5), 326-334. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2005.03.004>
- Butler, R. W., Copeland, D. R., Fairclough, D. L., Mulhern, R. K., Katz, E. R., Kazak, A. E., ... & Sahler, O. J. Z. (2008). A multicenter, randomized clinical trial of a cognitive remediation program for childhood survivors of a pediatric malignancy. *Journal of consulting and clinical psychology*, 76(3), 367.
- Chambers, L. (2018). A guide to children's palliative care. *Supporting babies, children and young people with life-limiting and life-threatening conditions and their families*.
- Chelazzi, C., Villa, G., Lanini, I., Romagnoli, S., & Latronico, N. (2023). The adult and pediatric palliative care: differences and shared issues. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care*, 3. <https://doi.org/10.1186/s44158-023-00085-8>
- Cimete, G., Kuşuoğlu, S., & Dede Çınar, F. (2013). Çocuk, hastalık ve hastane ortamı. *İçinde: Conk Z, Başbakkal Z, Bal Yılmaz H, Bolışık B, Ed., Pediatri hemşireliği. Akademisyen Tıp Kitabevi*.
- Committee on Hospital Care and Institute for Patient-and Family-Centered Care. (2012). Patient-and family-centered care and the pediatrician's role. *Pediatrics*, 129(2), 394-404.
- Connor, S. R., Downing, J., & Marston, J. (2017). Estimating the global need for palliative care for children: a cross-sectional analysis. *Journal of Pain and Symptom Management*, 53(2), 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2016.08.020>
- Çelik, M., & Koç, A. (2021). Ülkemizdeki palyatif bakım modeli ve ölçüm araçlarının kullanımının değerlendirilmesi. *Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 30-41.
- Dahlin C. (2015). Palliative Care: Delivering Comprehensive Oncology Nursing Care. *Seminars in Oncology Nursing*, 31(4), 327-337. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2015.08.008>
- Downar, J., Delaney, J. W., Hawryluck, L., & Kenny, L. (2016). Guidelines for the withdrawal of life-sustaining measures. *Intensive Care Medicine*, 42(6), 1003-1017. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4330-7>
- Drake, R., & Chang, E. (2019). Palliative care of pediatric populations. *Textbook of Palliative Care*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77740-5_67

- Edwards, J. D., Voigt, L. P., & Nelson, J. E. (2017). Ten key points about ICU palliative care. *Intensive Care Medicine*, 43(1), 83-85. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4481-6>
- Elçigil, A. (2006). Pediatrik palyatif bakım ve hemşirelik. *Journal of Anatolia Nursing and Health Sciences*, 9(4), 75-81.
- Erdem, Y., & Güneş, N. B. (2015). Çocuklarda Palyatif Bakım Hemşireliği. *Türkiye Klinikleri Pediatric Nursing-Special Topics*, 1(3), 98-102.
- Foster, T. L., Lafond, D. A., Reggio, C., & Hinds, P. S. (2010). Pediatric palliative care in childhood cancer nursing: from diagnosis to cure or end of life. *Seminars in Oncology Nursing*, 26(4), 205-221. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2010.08.003>
- Fried, I., Shaulov, A., Revel-Vilk, S., & Siedner-Weintraub, Y. (2024). Differences in service utilization between pediatric and adult palliative care services in a single center. *Palliative and Supportive Care*, 22, 1360-1363. <https://doi.org/10.1017/S1478951524001160>
- Friedrichsdorf, S. J., & Kang, T. I. (2007). The management of pain in children with life-limiting illnesses. *Pediatric Clinics of North America*, 54(5), 645-672. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2007.07.007>
- Guerra GG, Joffe A, Sheppard C, Hewson K, Dinu IA, de Caen A, ve ark. (2021). Music use for sedation in critically ill children (MUSiCC trial): Study protocol for a pilot randomized controlled trial. *Journal of Intensive Care*, 9, 1-8.
- Harpuluoğlu, N., & Çelik, T. (2020). Pediyatrik Palyatif Bakım. *Journal of Dr. Behcet Uz Children's Hospital*, 10(1). <https://doi.org/10.5222/buchd.2020.30922>
- Henderson, J. D., Boyle, A., Herx, L., Alexiadis, A., Barwich, D., Connidis, S., ... & Sinnarajah, A. (2019). Staffing a specialist palliative care service, a team-based approach: Expert consensus white paper. *Journal of Palliative Medicine*, 22(11), 1318-1323. <https://doi.org/10.1089/jpm.2019.0314>
- Hua, M. S., Li, G., Blinderman, C. D., & Wunsch, H. (2014). Estimates of the need for palliative care consultation across United States intensive care units using a trigger-based model. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 189(4), 428-436. <https://doi.org/10.1164/rccm.201307-1229OC>
- Hui, D., & Bruera, E. (2015). Models of integration of oncology and palliative care. *Annals of palliative medicine*, 4(3), 898-898.
- Ishibashi, A. (2001). The needs of children and adolescents with cancer for information and social support. *Cancer Nursing*, 24(1), 61-67.
- Jankovic, M., De Zen, L., Pellegatta, F., Lazzarin, P., Bertolotti, M., Manfredini, L., ... & Benini, F. (2019). A consensus conference report on defining

- the eligibility criteria for pediatric palliative care in Italy. *Italian Journal of Pediatrics*, 45(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s13052-019-0681-3>
- Jones, B. L., Contro, N., & Koch, K. D. (2014). The duty of the physician to care for the family in pediatric palliative care: Context, communication, and caring. *Pediatrics*, 133(Supplement_1), S8-S15. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3608C>
- Kang, T., Hoehn, K. S., Licht, D. J., Mayer, O. H., Santucci, G., Carroll, J. M., ... & Feudtner, C. (2005). Pediatric palliative, end-of-life, and bereavement care. *Pediatric Clinics of North America*, 52(4), 1029-46. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2005.04.004>
- Karakaya, C., & Işıkhhan, V. (2020). Palyatif bakım hastalarına bakım veren aile üyelerinde yaşam kalitesinin değerlendirilmesi. *Toplum ve Sosyal Hizmet*, 31(4), 1437-1458.
- Kearney, J. A., Salley, C. G., & Muriel, A. C. (2015). Standards of psychosocial care for parents of children with cancer. *Pediatric Blood & Cancer*, 62(S5), S632-S683. <https://doi.org/10.1002/pbc.25761>
- Kesonen, P., Salminen, L., Kero, J., Aappola, J., & Haavisto, E. (2024). An integrative review of interprofessional teamwork and required competence in specialized palliative care. *OMEGA-Journal of Death and Dying*, 89(3), 1047-1073. <https://doi.org/10.1177/00302228221085468>
- Kıvanç, M. M. (2017). Palliative care services in Turkey. *Archives of Health Science and Research*, 4(2), 132-135.
- Levetown, M., & Committee on Bioethics. (2008). Communicating with children and families: from everyday interactions to skill in conveying distressing information. *Pediatrics*, 121(5), e1441-e1460. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-0565>
- Lohman, D., Cleary, J., Connor, S., De Lima, L., Downing, J., Marston, J., ... & Pettus, K. (2022). Advancing global palliative care over two decades: health system integration, access to essential medicines, and pediatrics. *Journal of Pain and Symptom Management*, 64(1), 58-69. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2022.03.001>
- Luckett, T., Davidson, P. M., Lam, L., Phillips, J., Currow, D. C., & Agar, M. (2013). Do community specialist palliative care services that provide home nursing increase rates of home death for people with life-limiting illnesses? A systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Journal of Pain and Symptom Management*, 45(2), 279-297. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2012.02.017>
- Luckett, T., Phillips, J., Agar, M., Virdun, C., Green, A., & Davidson, P. M. (2014). Elements of effective palliative care models: A rapid review. *BMC Health Services Research*, 14(1), 136. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-14-136>

- Mack, J. W., & Wolfe, J. (2006). Early integration of pediatric palliative care: for some children, palliative care starts at diagnosis. *Current Opinion in Pediatrics*, 18(1), 10-14. <https://doi.org/10.1097/01.mop.0000193266.86129.47>
- Madden, K. (2018). Pediatric Palliative Care. *Hospice and Palliative Medicine and Supportive Care Flashcards*. <https://doi.org/10.1093/MED/9780190633066.003.0029>
- McCabe, M. A. (1996). Involving children and adolescents in medical decision making: developmental and clinical considerations. *Journal of Pediatric Psychology*, 21(4), 505-516. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/21.4.505>
- Meghani, S. H. (2004). A concept analysis of palliative care in the United States. *Journal of advanced nursing*, 46(2), 152-161.
- Mercadante, S., Gregoretti, C., & Cortegiani, A. (2018). Palliative care in intensive care units: why, where, what, who, when, how. *BMC Anesthesiology*, 18(1), 106. <https://doi.org/10.1186/s12871-018-0574-9>
- Mohanti, B. K. (2009). Ethics in palliative care. *Indian Journal of Palliative Care*, 15(2), 89. <https://doi.org/10.4103/0973-1075.58450>
- Mularski, R. A., Heine, C. E., Osborne, M. L., Ganzini, L., & Curtis, J. R. (2005). Quality of dying in the ICU: Ratings by family members. *Chest*, 128(1), 280-287. [https://doi.org/10.1016/S0012-3692\(15\)37958-7](https://doi.org/10.1016/S0012-3692(15)37958-7)
- Nelson, J. E., Bassett, R., Boss, R. D., Brasel, K. J., Campbell, M. L., Cortez, T. B., ... & Improve Palliative Care in the Intensive Care Unit Project. (2010). Models for structuring a clinical initiative to enhance palliative care in the intensive care unit: A report from the IPAL-ICU Project (Improving Palliative Care in the ICU). *Critical Care Medicine*, 38(9), 1765-1772. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181e8ad23>
- Nelson, J. E., Curtis, J. R., Mulkerin, C., Campbell, M., Lustbader, D. R., Mo-senthal, A. C., ... & Weissman, D. E. (2013). Choosing and using screening criteria for palliative care consultation in the ICU: A report from the Improving Palliative Care in the ICU (IPAL-ICU) Advisory Board. *Critical Care Medicine*, 41(10), 2318-2327. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e31828cf12c>
- Norris, S., Minkowitz, S., & Scharbach, K. (2019). Pediatric Palliative Care. *Primary Care*, 46(3), 461-473. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2019.05.010>
- Pandharipande, P. P., Girard, T. D., Jackson, J. C., Morandi, A., Thompson, J. L., Pun, B. T., ... & Ely, E. W. (2013). Long-term cognitive impairment after critical illness. *New England Journal of Medicine*, 369(14), 1306-1316. <https://doi.org/10.1056/NEJMoal301372>
- Puntillo, K. A., Arai, S., Cohen, N. H., Gropper, M. A., Neuhaus, J., Paul, S. M., & Miaskowski, C. (2010). Symptoms experienced by intensive care unit patients at high risk of dying. *Critical Care Medicine*, 38(11), 2155-2160. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181f267ee>

- Pyke-Grimm, K. A., Fisher, B., Haskamp, A., Bell, C. J., & Newman, A. R. (2021). Providing palliative and hospice care to children, adolescents and young adults with cancer. *Seminars in Oncology Nursing*, 37, 3-151166. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2021.151166>
- Quill, T. E., & Abernethy, A. P. (2013). Generalist plus specialist palliative care—creating a more sustainable model. *New England Journal of Medicine*, 368(13), 1173-1175. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1215620>
- Radbruch, L., & Downing, J. (2010). Principles of palliative care. In A. Kopf & N. B. Patel (Eds.), *Guide to pain management in low-resource settings* (pp. 47-57). International Association for the Study of Pain.
- Rattner, M. (2022). Increasing our understanding of nonphysical suffering within palliative care: A scoping review. *Palliative & Supportive Care*, 20(3), 417-432. <https://doi.org/10.1017/S1478951521001127>
- Resmî Gazete. (2014). Sağlık meslek mensupları ile sağlık hizmetlerinde çalışan diğer meslek mensuplarının iş ve görev tanımlarına dair yönetmelik. *Resmî Gazete Tarih: 2014, 22 Mayıs*, (29007).
- Romito, B., Jewell, J., & Jackson, M. (2021). Child life services. *Pediatrics*, 147(1), 1-10. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-040261>
- Rubin, R. (2015). Improving the quality of life at the end of life. *Jama*, 313(21), 2110-2112.
- Sabeti F, Mohammadpour M, Pouraboli B, Tahmasebi M, Hasanpour M. (2021). Health Care Providers' experiences of the non-pharmacological pain and anxiety management and its barriers in the Pediatric Intensive Care Units. *Journal of Pediatric Nursing*, 60, e110-e116.
- Scheunemann, L. P., McDevitt, M., Carson, S. S., & Hanson, L. C. (2011). Randomized, controlled trials of interventions to improve communication in intensive care: A systematic review. *Chest*, 139(3), 543-554. <https://doi.org/10.1378/chest.10-0595>
- Sisk, B. A., Mack, J. W., Ashworth, R., & DuBois, J. (2018). Communication in pediatric oncology: State of the field and research agenda. *Pediatric Blood & Cancer*, 65(1), e26727. <https://doi.org/10.1002/pbc.26727>
- Snaman, J., McCarthy, S., Wiener, L., & Wolfe, J. (2020). Pediatric Palliative Care in Oncology. *Journal of clinical oncology: Official journal of the American Society of Clinical Oncology*, JCO1802331. <https://doi.org/10.1200/JCO.18.02331>.
- Soyanıt, Ş., & Mumcu, N. (2023). Palyatif bakımda iyi ölüm ve yas sürecinde hemşirelik bakımı. *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(1), 77-87.
- Stokes, C., & Good, P. (2024). Community Palliative Care: What are the Best Models?. *Current Treatment Options in Oncology*, 25(12), 1550-1555. <https://doi.org/10.1007/s11864-024-01278-1>

- Treece, P. D., Engelberg, R. A., Crowley, L., Chan, J. D., Rubenfeld, G. D., Steinberg, K. P., & Curtis, J. R. (2004). Evaluation of a standardized order form for the withdrawal of life support in the intensive care unit. *Critical Care Medicine*, 32(5), 1141-1148. <https://doi.org/10.1097/01.CCM.0000125509.34805.0C>
- Uslu, F. Ş., & Terzioğlu, F. (2015). Dünyada ve Türkiye’de palyatif bakım eğitimi ve örgütlenmesi. *Cumhuriyet Hemşirelik Dergisi*, 4(2), 81-90.
- Ward, N. S., Read, R., Afessa, B., & Kahn, J. M. (2012). Perceived effects of attending physician workload in academic medical intensive care units: a national survey of training program directors. *Critical Care Medicine*, 40(2), 400-405. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318232d997>
- Weaver, M. S., Rosenberg, A. R., Fry, A., Shostrom, V., & Wiener, L. (2021). Impact of the coronavirus pandemic on pediatric palliative care team structures, services, and care delivery. *Journal of palliative medicine*, 24(8), 1213-1220.
- WHO. 2023. Palliative care for children. Son erişim tarihi: 03.09.2025 erişim adresi: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/palliative-care-for-children>
- Wiencek, C., & Coyne, P. (2014). Palliative care delivery models. *Seminars in Oncology Nursing*, 30(4), 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2014.08.004>
- World Health Organization. (1998). Cancer pain relief and palliative care in children.
- World Health Organization. (2018). Integrating palliative care and symptom relief into paediatrics: a WHO guide for health-care planners, implementers and managers. In *Integrating palliative care and symptom relief into paediatrics: a WHO guide for health-care planners, implementers and managers*.
- Yakar, B., Batbaş, C. S., & Pirinççi, E. (2021). Palyatif bakım ve hospis. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 30(2), 136-143.
- Yıldırım, Y. (2015). Palyatif Bakım Çalışmaları ve Hemşireliğe Yansımaları. *Türkiye Klinikleri Internal Medicine Nursing-Special Topics*, 1(2), 31-39.
- Zahr, L. K. (1998). Therapeutic play for hospitalized preschoolers in Lebanon. *Pediatric Nursing*, 24(5), 449.
- Zernikow, B., Michel, E., Craig, F., & Anderson, B. J. (2009). Pediatric palliative care: use of opioids for the management of pain. *Pediatric Drugs*, 11(2), 129-151.
- Zülliger, H. (2005). Çocukta Oyunla Tedavi (Çeviri Ed. K Şipal). *İstanbul, Cem Yayınları*.

Telehealth and Maternal-Child Health in LMICs: A Multidisciplinary Approach to Improving Life Expectancy

Gloria Nnadwa Alhassan¹

Abstract

Maternal and child health (MCH) outcomes remain suboptimal in many low- and middle-income countries (LMICs), contributing to reduced national life expectancy. Telehealth has emerged as a potential solution to address these service delivery gaps, yet limited evidence exists on its impact in LMIC contexts. The present study draws motivation from the United Nations Sustainable Development Goals-(UNSDG-3), that highlights on good health and well-being. A comparative mixed-methods study was conducted across Nigeria, Kenya, India, and South Africa for the period 2015-2023. Quantitative analysis included maternal mortality ratio, under-five mortality, antenatal care coverage, skilled birth attendance, immunization rates, and life expectancy, alongside a composite Telehealth Readiness Index. Correlations between digital readiness and MCH outcomes were explored using Pearson coefficients. Also document analysis was guided by the Consolidated Framework for Implementation Research (CFIR), assessing policy strategies, infrastructure, workforce readiness, and cultural acceptability.

Substantial variation was observed in telehealth integration and MCH outcomes across countries. India and South Africa exhibited higher digital readiness scores (India: 61; South Africa: 69) and MCH performance indices (India: 77; South Africa: 82), alongside lower maternal mortality (India: 103; South Africa: 119 per 100,000). A strong inverse correlation ($r = -0.97$, 95% CI: -0.99 to -0.78, $p = 0.030$) was found between telehealth maturity and maternal mortality. In contrast, Nigeria and Kenya had lower readiness scores (Nigeria: 28; Kenya: 39) and faced implementation barriers such as weak infrastructure, low digital literacy, and fragmented policy execution.

Telehealth can enhance maternal and child health outcomes when implemented within supportive structural, policy, and sociocultural environments.

1 Assist. Prof. Dr., İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi

1. Introduction

Globally, maternal and child mortality rates remain alarmingly high in low- and middle-income countries (LMICs), contributing significantly to lower national life expectancies. According to the World Health Organization, 94% of all maternal deaths occur in LMICs (with sub-Saharan Africa accounting for approximately 70%).¹ The global under-five mortality rate in 2022 was 35 per 1,000 live births, but exceeded 70 per 1,000 in parts of sub-Saharan Africa.² These disparities reflect healthcare access barriers and systemic inequities affecting women and children in resource-constrained settings.

Telehealth - the use of telecommunications and virtual technologies to deliver healthcare remotely is increasingly recognized as a tool to bridge maternal and child health (MCH) service gaps. In MCH, telehealth facilitates interventions like virtual antenatal care, remote pregnancy monitoring, health education via SMS/apps, immunization reminders, and on-call obstetric consultations. The COVID-19 pandemic accelerated telehealth adoption globally, underscoring its value in maintaining care continuity when physical access was restricted.³ High-income countries (HICs) have made substantial progress integrating telehealth, but LMICs lag due to infrastructural deficits, low digital literacy, fragmented policies, and limited trust in virtual care.⁴ Even within LMICs, uptake varies widely. For example, India's National Digital Health Mission (NDHM) has integrated digital tools into reproductive, maternal, newborn, and child health (RMNCH+A) services, whereas Nigeria and Kenya have primarily early-stage or pilot telehealth initiatives.⁵

Improved access to MCH services is linked to increased life expectancy. However, few studies explicitly examine how telehealth interventions might influence this relationship. This study addresses that gap by:

- i. analyzing telehealth adoption levels for MCH in four strategically selected LMICs representing different geopolitical regions and digital maturity levels;
- ii. assessing associations between telehealth-supported interventions and MCH outcomes (maternal mortality, under-five mortality, antenatal and immunization coverage);
- iii. evaluating the implications of these changes for national life expectancy.

By examining the intersection of digital health innovation and public health outcomes in LMICs, this study contributes to a growing but underexplored field of global health research. Its findings can inform national strategies and

international development efforts aimed at leveraging telehealth to reduce mortality, improve health equity, and ultimately enhance life expectancy in some of the world's most vulnerable populations.

2. Methods

Study Design

This study applied a comparative mixed-methods approach using a multiple case study design to examine telehealth adoption and its implications for maternal and child health (MCH) outcomes in Nigeria, Kenya, India, and South Africa. These countries were purposively selected to reflect variation in economic classification, digital infrastructure maturity, and telehealth policy development, while representing different geographic regions with significant maternal and child health challenges.

Theoretical Framework

Three theoretical frameworks guided this inquiry:

- i. The Consolidated Framework for Implementation Research (CFIR) provided a structured approach to analyze intervention characteristics, organizational context, individual capabilities, and the broader implementation process.⁶
- ii. Rogers' Diffusion of Innovation Theory explained the spread of new technologies, emphasizing factors like relative advantage, compatibility, and observability.⁷
- iii. The Technology Acceptance Model (TAM), developed by Davis, focused on perceived usefulness and ease of use as key determinants of user acceptance, particularly relevant to both providers and users of telehealth.⁸

Data Sources and Collection

The quantitative data spanned 2015 to 2023 and examined key health system indicators such as maternal and under-five mortality rates, life expectancy, antenatal care, skilled birth attendance, and immunization coverage, using sources like WHO, UNICEF, DHS, and World Bank. Digital readiness was assessed through internet penetration and mobile subscription rates, based on data from the ITU, GSMA, and national ICT surveys. As of 2023, internet coverage reached 68% in South Africa and 36% in Nigeria, while mobile subscriptions ranged from 85 per 100 people in Nigeria to 155 per 100 in South Africa.⁹

Telehealth adoption was estimated as the share of maternal and child health (MCH) services delivered remotely, drawn from literature and pilot reports. For example, South Africa's MomConnect reached around 500,000 mothers, suggesting moderate coverage. Adoption rates in the studied LMICs were considerably lower than in high-income countries (HICs), ranging from under 5% in Nigeria and Kenya to 15-30% in India and South Africa.

To contextualize these findings, national digital health strategies and telehealth program reports were qualitatively analyzed, including India's NDHM Strategy, Nigeria's Digital Health Strategic Framework, Kenya's eHealth Policy, and South Africa's eHealth strategy updates.

Variables and Measurements

Two composite indices were developed to facilitate cross-country comparisons: the Telehealth Readiness Index (TRI) and the Maternal and Child Health (MCH) Performance Index (MPI).

The Telehealth Readiness Index (TRI), scored on a scale from 0 to 100, integrates several weighted indicators that reflect a country's capacity to deploy and sustain telehealth services. These include the proportion of the population with internet access, the number of mobile subscriptions per 100 people, and the presence and maturity of a national telehealth policy framework. Additionally, the index incorporates the extent to which telehealth is integrated into maternal and child health (MCH) programs and the level of digital literacy among healthcare providers, each assessed on a scale of 0 to 10.

Similarly, the MCH Performance Index (MPI) captures key indicators of maternal and child health outcomes. It includes the percentage of women receiving at least four antenatal care visits, the rate of skilled birth attendance, and the proportion of children who are fully immunized. To balance the index, maternal mortality ratio and under-five mortality rate are included as inversely weighted components, ensuring that higher mortality figures reduce the overall performance score.

2.1. Data Analysis

Quantitative data were analyzed using SPSS version 28.0, with descriptive statistics and cross-country comparisons. Correlation analyses explored links between telehealth readiness, MCH outcomes, and life expectancy (2015-2023), using Pearson coefficients and regression models. Confidence

intervals (95% CI) were calculated for all correlation coefficients, and statistical significance was set at $p < 0.05$.

3. Results

Telehealth Readiness and Digital Infrastructure

A comparative analysis revealed wide disparities in telehealth readiness and digital infrastructure across Nigeria, Kenya, India, and South Africa. While South Africa and India demonstrated moderate to high integration of telehealth in maternal and child health (MCH) services, Nigeria and Kenya remained in early stages of adoption. Shown in table 1 is summary of the telehealth policy environment, infrastructure, and notable mHealth initiatives across the four countries. It also highlights digital infrastructure as a major factor influencing telehealth readiness. South Africa stands out with strong mobile and internet access, while India benefits from robust policy support and large-scale platforms. Kenya has policy frameworks in place but faces implementation challenges. Nigeria lags due to fragmented, donor-driven efforts and weak national coordination.

Table 1. Telehealth MCH Integration Status (2023)

Country	Telehealth Strategy for MCH	Mobile Penetration (per 100)	Internet Coverage (%)	Notable mHealth Initiatives
Nigeria	Fragmented; donor-dependent pilots	85/100	36%	Pilots in Lagos, Kaduna (e.g., text-for-moms)
Kenya	Included in policy; limited scale	91/100	43%	<i>Linda Mama</i> free maternal care SMS platform
India	Strong national framework	81/100	50%	<i>eSanjeevani</i> telemedicine; <i>RMNCH+A</i> program
South Africa	Moderate; urban-focused	155/100	68%	<i>MomConnect</i> (maternal SMS), <i>B-Wise</i> youth health

Source: GSMA (2023) Mobile Connectivity Index; National digital health reports.

As shown in Figure 1 below, infrastructure gaps significantly influence telehealth readiness across countries. South Africa leads in both mobile and internet connectivity, while Nigeria lags with the lowest internet access highlighting a critical digital divide that hampers effective telehealth implementation.

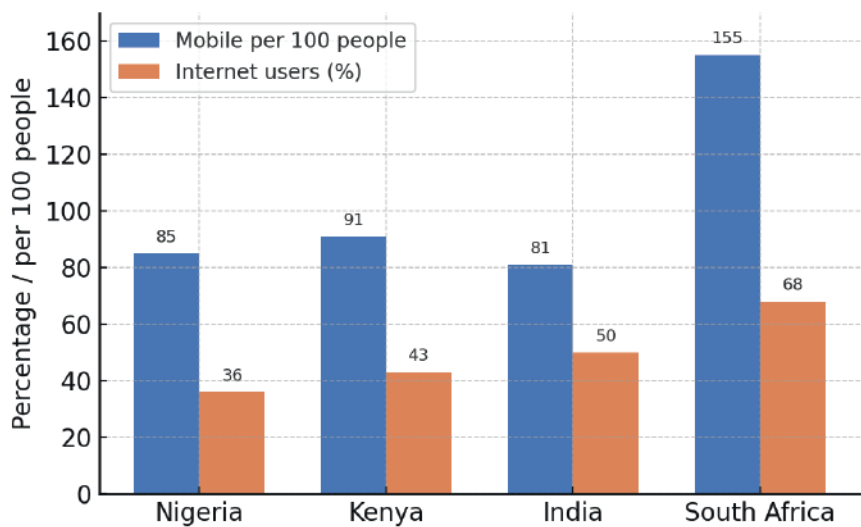


Figure 1. Digital Infrastructure for Telehealth in 2023.

Health Indicators and Life Expectancy Trends

Population-level health indicators like maternal mortality, under-five mortality, and life expectancy reveal the impact of telehealth-enabled systems. As shown in Figure 2, life expectancy is rising across all countries, with India leading due to improvements in maternal and child health services. Nigeria’s minimal progress underscores the need for systemic reforms and stronger digital integration to achieve meaningful health outcomes.

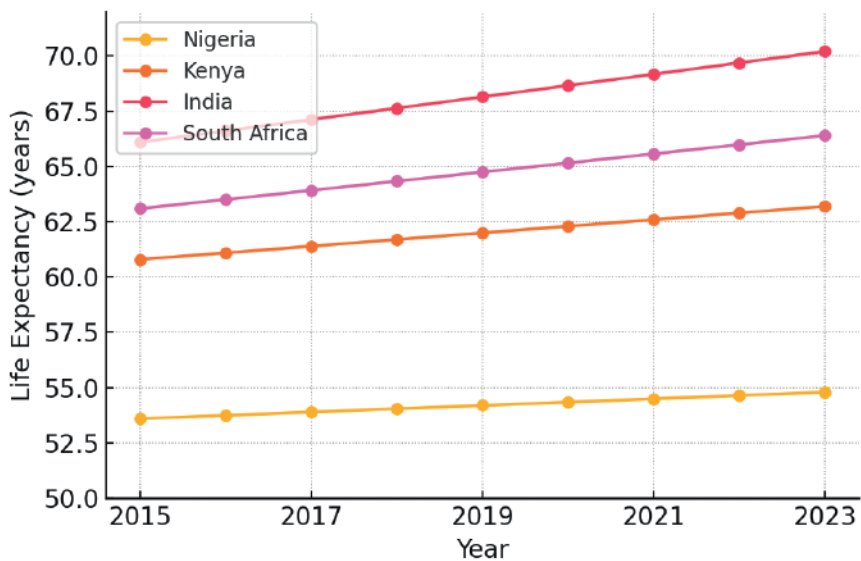


Figure 2. Life Expectancy Trends (2015–2023).

Correlation Analysis: Digital Readiness and Health Outcomes

To evaluate the impact of digital infrastructure on health outcomes, a correlation analysis was conducted between telhealth readiness and key indicators—maternal mortality and life expectancy. As shown in Figure 3, countries with stronger digital integration like South Africa and India reported much lower maternal mortality rates. A strong negative correlation ($r = -0.97$, 95% CI: -0.99 to -0.78 , $p = 0.030$) highlights the potential of digital health to significantly improve maternal outcomes.

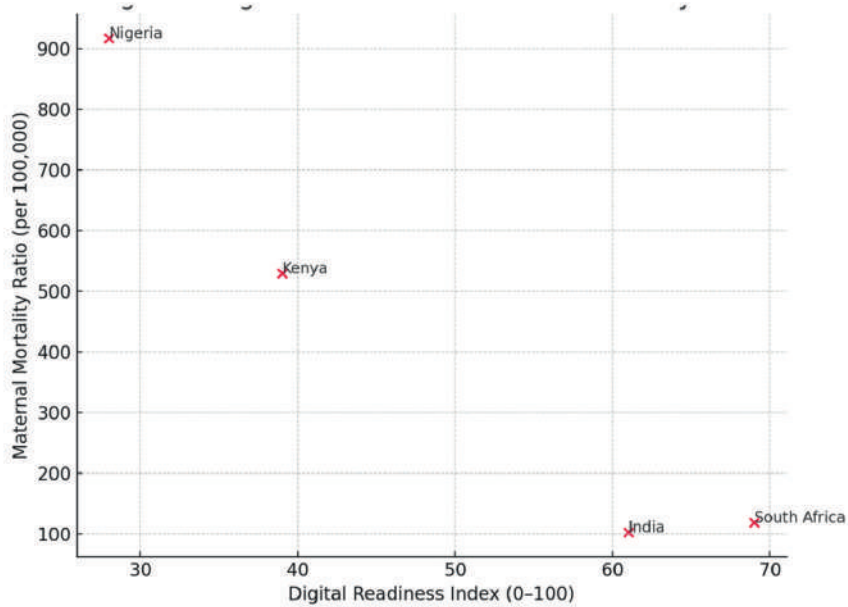


Figure 3. Digital Readiness vs Maternal Mortality Ratio

As seen in Figure 4 below, a scatter plot comparing digital readiness with life expectancy reveals a strong positive correlation ($r = 0.89$, 95% CI: 0.37 to 0.98, $p = 0.042$), suggesting that countries with more advanced digital infrastructure tend to have higher life expectancy. Although this does not confirm causation, the alignment of strong digital systems with improved outcomes in India and South Africa reinforces the value of scaling digitally-supported maternal and child health (MCH) initiatives.

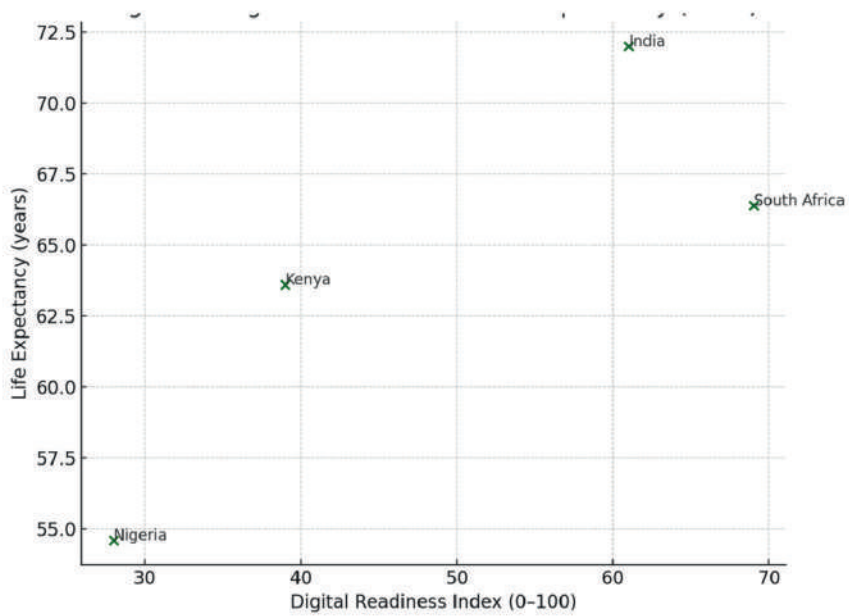


Figure 4. Digital Readiness vs Life Expectancy

Composite Index Comparison

A composite index comparing telehealth readiness and MCH performance reveals a positive alignment between digital infrastructure and health outcomes. As shown in Table 2, countries with stronger telehealth systems tend to perform better in maternal and child health indicators. While index construction involves some simplification, the findings underscore the role of digital systems in advancing MCH outcomes.

Table 2: Composite Scores for Telehealth Readiness and MCH Performance

Country	Digital Readiness (0-100)	MCH Performance (0-100)
South Africa	69	82
India	61	77
Kenya	39	49
Nigeria	28	34

Implementation Factors: Barriers and Enablers

To understand how policy, system capacity, and context influence telehealth effectiveness, qualitative findings were analyzed using the CFIR

framework. As shown in Table 3, successful implementation relies not just on infrastructure, but also on integration with existing systems, cultural adaptation, supportive policies, and workforce training. South Africa and India demonstrate stronger alignment across these domains, while Nigeria and Kenya face notable structural and contextual barriers.

Table 3. Telehealth Implementation Barriers and Enablers by CFIR Domain

CFIR Domain	Enablers (India, South Africa)	Barriers (Nigeria, Kenya)
Intervention Characteristics (Design & Quality)	- Locally adapted tools (apps in Hindi, Zulu etc.) making interfaces user-friendly in local languages. - Integration with existing services (telehealth linked to clinic appointment systems, immunization registries).	- “One-size-fits-all” apps not tailored to local languages/ cultures. - Low usability of platforms (complex interfaces, requiring smartphones that many low-income users lack).
Outer Setting (External context, patient needs)	- Strong telecom infrastructure in urban areas (especially RSA) enabling reliable video consults. - Donor funding for digital health (e.g., UNICEF support in India’s mHealth, PEPFAR support in SA). - High community mobile phone ownership (even in rural areas).	- Rural connectivity gaps: remote regions lack network or affordable data. - Electricity unreliability: affects charging devices and running telecenters. - Socioeconomic barriers: cost of internet/smartphones for poorest women.
Inner Setting (Health system context)	- National digital health policies/strategies providing clear roadmap. - Presence of dedicated units or eHealth departments in health ministries. - Integration with primary healthcare.	- Policy fragmentation: telehealth not mainstreamed. - Resource constraints: few budget allocations for eHealth implementation. - Lack of interoperability between systems.
Characteristics of Individuals (Users: providers & patients)	- Trained workforce: India trained thousands of ASHAs to use mobile apps. - Champions and leadership advocating telehealth. - Gradually improved user trust as positive experiences accumulate.	- Limited digital literacy among health workers and patients. - Resistance from some providers fearing replacement. - Cultural beliefs: skepticism of remote advice; preference for in-person care.

Process (Implementation and Evaluation)	- Pilot evaluations and iterative improvements. - Multi-stakeholder collaboration and public-private partnerships. - Community engagement involving local leaders.	- Fragmented rollout without scale-up plans. - Lack of monitoring & evaluation data. - Dependency on donor or research projects without sustainability plans.
---	--	---

4. Discussion

The findings demonstrate that effective integration of telehealth into maternal and child health (MCH) systems is associated with improved service coverage and may contribute to increased life expectancy in low- and middle-income countries (LMICs). A consistent gradient was observed across the case countries: those with stronger digital health infrastructure and coherent policy frameworks - specifically India and South Africa - exhibited higher MCH coverage and more substantial life expectancy gains between 2015 and 2023, compared to countries with fragmented telehealth systems, such as Nigeria and Kenya. This pattern aligns with global literature emphasizing the importance of systemic readiness in achieving health technology outcomes¹⁰ and offers context-specific insights into the dynamics of digital health in low-resource settings.

A statistically significant inverse correlation ($r = -0.97$, 95% CI: -0.99 to -0.78, $p = 0.030$) between telehealth maturity and maternal mortality underscores the potential of digital health systems to serve as enablers in reducing maternal mortality. Improvements in maternal and child survival are widely recognized as contributors to national life expectancy.¹¹ The observed correlation supports the proposition that digital interventions - by enhancing access, continuity, and quality of care - can play a meaningful role in sustaining mortality reductions, especially during health system disruptions such as those caused by the COVID-19 pandemic.

Empirical evidence confirms that where telehealth platforms have been incorporated into national health strategies, improved MCH service utilization has followed. In India, teleconsultation platforms such as *eSanjeevani*, supported by mobile health campaigns, contributed to a rise in ANC4+ visits from approximately 51% in 2015 to 84% in 2023.¹² South Africa's *MomConnect* initiative has been associated with early ANC registration and high immunization rates; by 2019, ANC 4+ visits exceeded 80% and skilled delivery rates reached 96%.¹³ In Kenya, the *Linda Mama* program contributed to an increase in skilled birth attendance from 62%

in 2015 to approximately 78% in 2022,¹⁴ though direct attribution to telehealth is limited. In contrast, Nigeria's reliance on pilot projects and lack of scalable infrastructure resulted in stagnation, with ANC4+ visits at 57% and skilled birth attendance at 43%.¹⁵ These findings parallel existing literature on equity-centered telehealth,¹⁶ on digital determinants of health¹⁷, and on policy implementation failures¹⁸.

Based on the findings, an equity-oriented, multisector model for telehealth implementation in LMICs is proposed, consisting of three interdependent pillars:

- i. **Infrastructure Development:** Expansion of broadband, mobile networks, and power supply is critical for enabling telehealth beyond urban centers. Infrastructure should be prioritized as a core element of health system investment.
- ii. **Policy and Financing Reform:** Development of inclusive national digital health strategies, integration of telehealth into public financing schemes, and establishment of data governance standards are necessary to ensure sustainability and trust. Movement beyond pilot-dependent models is essential for institutionalization.
- iii. **Community-Integrated Implementation:** Engagement of local stakeholders, training of frontline workers, and adaptation of tools to local languages and literacy levels enhance trust and usability. Supportive roles for traditional health workers should be emphasized to avoid substitution-based resistance.

These pillars align with CFIR and TAM frameworks, which highlight the importance of organizational context, perceived usefulness, and user engagement. Implementation success requires a balance of technical readiness and human-centered design.

Several methodological and contextual limitations must be acknowledged. The study relied on secondary data sources, which varied in temporal coverage and reliability. Despite the use of authoritative datasets (WHO, DHS), inconsistencies in reporting years and data quality may affect comparability. The cross-sectional nature of the analysis and small sample size (N=4) limit causal inference. Correlation results should be interpreted as indicative rather than definitive. Additionally, attribution challenges exist in linking telehealth specifically to health improvements, as multiple concurrent health system strengthening efforts may contribute to observed outcomes. The rapid evolution of digital technologies and increasing smartphone penetration

may also alter the implementation landscape in coming years, potentially making some findings time-sensitive.

Future research should employ longitudinal designs with larger country samples, integration of primary data collection, and methods that can better establish causal pathways between digital health interventions and population health outcomes. Controlled implementation studies and natural experiments would be particularly valuable in strengthening the evidence base.

5. Conclusion

The role of telehealth in improving maternal and child health (MCH) outcomes and potentially advancing life expectancy in LMICs has been substantiated through this comparative analysis. Evidence from Nigeria, Kenya, India, and South Africa indicates that the adoption and effectiveness of telehealth are closely linked to the robustness of digital infrastructure, the coherence and implementation of national health policies, and the extent of cultural and community integration. Countries with more mature digital health ecosystems particularly India and South Africa, exhibited higher antenatal care coverage, skilled birth attendance, and immunization rates, which are key drivers of reduced maternal and under-five mortality. These improvements corresponded with measurable gains in life expectancy between 2015 and 2023, though multiple factors likely contribute to this relationship.

The findings suggest that the association between telehealth maturity and maternal mortality is particularly strong. However, these benefits are neither automatic nor equitably distributed. In the absence of inclusive design, equitable access, and sustained policy support, telehealth interventions risk exacerbating existing health disparities especially when disproportionately accessed by urban, educated populations while underserved rural communities remain excluded. To ensure telehealth serves as a vehicle for health equity and system strengthening, policy recommendations include: expanding rural digital infrastructure; enacting adaptive digital health frameworks with integrated financing mechanisms; embedding data privacy protections; engaging community stakeholders in culturally responsive co-design processes; and establishing robust monitoring systems with real-time analytics. When guided by these principles, telehealth has the potential to transform MCH service delivery in LMICs, reduce preventable mortality, and contribute meaningfully to longer, healthier lives for vulnerable populations.

References

1. World Health Organization. 2023. *Trends in Maternal Mortality: 2000 to 2020 – Estimates by WHO, UNICEF, UNFPA, World Bank Group and UN-DESA/Population Division*. Geneva: World Health Organization.
2. United Nations Inter-Agency Group for Child Mortality Estimation. 2023. *Levels and Trends in Child Mortality: Report 2023*. New York: UNICEF.
3. Smith, Anthony C., Emma Thomas, Clare L. Snoswell, Luke Haydon, Liam Mehrotra, Andrew Caffery, and Centaine Snoswell. 2020. “Telehealth for Global Emergencies: Implications for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19).” *Journal of Telemedicine and Telecare* 26(5): 309–13. <https://doi.org/10.1177/1357633X20916567>.
4. Kruse, Clemens S., Patrick Karem, Kristina Shifflett, Lakshmi Priya Vegi, Kashyap Ravi, and Matthew Brooks. 2018. “Evaluating Barriers to Adopting Telemedicine Worldwide: A Systematic Review.” *Journal of Telemedicine and Telecare* 24(1): 4–12. <https://doi.org/10.1177/1357633X16674087>.
5. Ministry of Health and Family Welfare (India). 2021. *National Digital Health Mission – Strategy Overview*. New Delhi: Government of India.
6. Damschroder, Laura J., David C. Aron, Rosalie E. Keith, Susan R. Kirsh, Jeffrey A. Alexander, and Julie C. Lowery. 2009. “Fostering Implementation of Health Services Research Findings into Practice: A Consolidated Framework for Advancing Implementation Science.” *Implementation Science* 4: 50. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-4-50>.
7. Rogers, Everett M. 2003. *Diffusion of Innovations*. 5th ed. New York: Free Press.
8. Davis, Fred D. 1989. “Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology.” *MIS Quarterly* 13(3): 319–40. <https://doi.org/10.2307/249008>.
9. GSMA. 2023. *Mobile Connectivity Index*. London: GSMA.
10. Blandford, Ann, Jocelyn Wesson, René Amalberti, Rania AlHazme, and Rahaf Allwihan. 2020. “Opportunities and Challenges for Telehealth Within, and Beyond, a Pandemic.” *The Lancet Global Health* 8(11): e1364–e1365. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30362-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30362-4).
11. GBD 2019 Demographics Collaborators. 2020. “Global Age-Sex-Specific Fertility, Mortality, Healthy Life Expectancy (HALE), and Population Estimates in 204 Countries and Territories, 1950–2019: A Comprehensive Demographic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019.” *The Lancet* 396(10258): 1160–1203. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30977-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30977-6).
12. National Health Authority (India). 2023. *eSanjeevani Telemedicine Service: Annual Report 2022–23*. New Delhi: Ministry of Health and Family Welfare.

13. Barron, Peter, Jacqueline Peter, Audrey E. LeFevre, Lisa Sebidi, Vuyiseka Bekker, Tanya Curran, and Deborah Kimemia. 2018. "Mobile Health Messaging Service and Helpdesk for South African Mothers (MomConnect): History, Successes and Challenges." *BMJ Global Health* 3(Suppl 2): e000559. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2017-000559>.
14. Kenya Ministry of Health. 2023. *Kenya Demographic and Health Survey 2022: Key Indicators Report*. Nairobi: Kenya National Bureau of Statistics.
15. National Population Commission (Nigeria). 2023. *Nigeria Demographic and Health Survey 2023: Preliminary Report*. Abuja: National Population Commission.
16. Feroz, Asad, Aamir Khoja, and Sarah Saleem. 2021. "Equitable Telehealth for Maternal and Newborn Health in Low- and Middle-Income Countries: A Scoping Review." *BMJ Global Health* 6(1): e004764. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-004764>.
17. Crawford, Allison, and Emily Serhal. 2020. "Digital Health Equity and COVID-19: The Innovation Curve Cannot Reinforce the Social Gradient of Health." *Journal of Medical Internet Research* 22(6): e19361. <https://doi.org/10.2196/19361>.
18. Walt, Gill, and Lucy Gilson. 1994. "Reforming the Health Sector in Developing Countries: The Central Role of Policy Analysis." *Health Policy and Planning* 9(4): 353–70.

Sağlık Bilimlerinde Radyolojinin Yeri: Kuramsal Temelden Klinik Uygulamaya Modern Köprü

Davut Ünsal Çapkan¹

Özet

Radyoloji, modern tıbbın temel disiplinlerinden biri olarak sağlık bilimlerinde kuramsal bilgiyi klinik uygulamalarla birleştirir. Bu bölümde radyolojinin sağlık bilimlerindeki konumu, görüntüleme yöntemlerinin bilimsel altyapısı, klinik karar süreçlerine katkıları, girişimsel uygulamaların kapsamı, radyasyon güvenliği ve etik ilkeler ile geleceğe yönelik eğilimler bütüncül biçimde ele alınmaktadır. Radyolojinin kuramsal temelleri fizik, biyomedikal mühendislik ve moleküler biyoloji ilkelerine dayanır; X-ışınları, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans, ultrasonografi ve nükleer tıp yöntemlerinin çalışma prensipleri bu çerçevede özetlenir. Bu ilkeler, teknolojik gelişmeleri desteklemenin ötesinde, farklı klinik bağlamlarda en uygun görüntüleme yönteminin rasyonel seçimine rehberlik eder. Klinik karar verme sürekliliğinde radyoloji; tanı, tedavi planlaması ve izlem aşamalarında vazgeçilmezdir. İnme, travma, onkoloji ve kardiyoloji gibi kritik alanlarda görüntüleme bulguları, multidisipliner ekiplerin yönetimini doğrudan yönlendirir. Girişimsel radyoloji, tanısal biyopsilerden tümör ablasyonu ve vasküler girişimlere, kas-iskelet sistemine yönelik işlemlere kadar uzanan minimal invaziv yaklaşımlarla morbiditeyi ve hastanede kalış süresini azaltarak hasta güvenliğini artırır. Teknik boyutun ötesinde, ALARA prensibi, pediatrik ve gebelik popülasyonlarında koruyucu stratejiler, bilgilendirilmiş onam ve mahremiyetin korunması, hasta merkezli ve etik bir pratiğin temelini oluşturur. Yapay zekâ, fonksiyonel ve moleküler görüntüleme, radyogenomik ve simülasyon-temelli eğitim modelleri gibi gelişmeler, radyolojiyi kişiselleştirilmiş tıbbın merkezine taşımakta; alanı yalnızca görüntülemenin ötesinde, klinik kararların tüm aşamalarında belirleyici bir konuma yerleştirmektedir.

1 Medical Point Gaziantep Hospital, Radiology Department, Gaziantep, Turkey
ORCID: 0009-0007-6937-8799 Email: drdavutunsal11@gmail.com

GİRİŞ

Radyoloji, modern tıbbın tanı ve tedavi süreçlerinde temel bir rol üstlenen, sağlık bilimlerinin kuramsal ilkeleri ile klinik uygulamalarını bütünleştiren bir disiplindir. Görüntüleme yöntemleri sayesinde insan vücudunun morfolojik ve fonksiyonel özellikleri invaziv olmayan yöntemlerle değerlendirilebilmekte, böylece hastalıkların erken tanısı, evrelemesi ve tedavi yanıtının izlenmesi mümkün olmaktadır (Brink & Miller, 2017).

Radyolojinin sağlık bilimlerindeki yerini anlamak için, 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen'in X-ışınlarını keşfinden başlamak gerekir. Bu buluş, yalnızca tıp tarihinde değil, bilim tarihinde de bir dönüm noktası olmuştur. X-ışınlarının insan vücuduna zarar vermeden iç organların görüntülenmesine imkân tanınması, tıbbın tanısallık kapasitesini bir anda olağanüstü ölçüde artırmıştır. Röntgen'in keşfinden kısa süre sonra ilk radyografiler çekilmiş, tüberküloz tanısı, kemik kırıkları ve yabancı cisimlerin saptanmasında çığır açılmıştır.

20.yüzyılın ortalarına gelindiğinde bilgisayarlı tomografinin (BT) geliştirilmesi, radyolojinin olanaklarını bir üst seviyeye taşımış; ardından manyetik rezonans görüntüleme (MR), ultrasonografi ve nükleer tıp yöntemleri tıp pratiğine girmiştir. Bu gelişmeler, radyolojiyi yalnızca “tanısal bir alan” olmaktan çıkarıp, tıbbi karar süreçlerinin merkezinde yer alan bir disiplin hâline getirmiştir.

1-Radyolojinin Sağlık Bilimlerindeki Yeri

Sağlık bilimlerinde çalışan klinisyenler için radyoloji yalnızca teknik bir inceleme alanı değil, klinik karar verme süreçlerinin ayrılmaz bir bileşenidir. Cerrahi disiplinlerde preoperatif görüntüleme, cerrahi planlamanın temelini oluştururken; dahili bilimlerde radyolojik bulgular, hastalıkların erken dönemde saptanması ve tedaviye uygunluğun belirlenmesinde kritik öneme sahiptir (Hricak et al., 2021). Böylelikle radyoloji, farklı disiplinlerde tanı ve tedaviye yön veren bir rehber olarak konumlanır.

Radyolojinin kuramsal yönü büyük ölçüde fizik ve biyomedikal mühendislik ilkelerine dayanmaktadır. X-ışınlarının dokularla etkileşimi, manyetik rezonans fenomenleri, ultrasonun akustik özellikleri ya da nükleer tıbbın moleküler düzeyde sunduğu bilgiler, disiplinin bilimsel temelini oluşturur (Sceram, 2019). Bu altyapı yalnızca teknolojik gelişmelere yön vermekle kalmaz, aynı zamanda sağlık bilimleri öğrencilerinin biyofizik, anatomi ve patoloji bilgilerini klinik uygulamalarla ilişkilendirmelerini sağlar.

Disiplinler arası iş birliği de radyolojinin sağlık bilimlerindeki konumunu güçlendirmektedir. Kardiyoloji, pediatri, nöroloji, onkoloji ve ortopedi gibi birçok alanda tanı ve tedavi kararları radyolojik bulgular ışığında şekillenir. Multidisipliner tümör konseylerinde radyoloğun katkısı tedavi stratejilerinin belirlenmesinde kritik olabilirken, travma hastalarında acil görüntüleme çoğu zaman hayat kurtarıcıdır (European Society of Radiology [ESR], 2019).

Bu genel çerçeve, radyolojinin sağlık bilimlerinde yalnızca teknik bir araç değil, teorik bilgi ile klinik uygulama arasında köprü kuran dinamik bir alan olduğunu ortaya koymaktadır. Buradan hareketle, radyolojinin anlaşılabilmesi için temel görüntüleme yöntemlerinin kuramsal temellerine yönelmek gerekir. Bir sonraki bölümde, bu yöntemlerin bilimsel dayanakları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. Görüntüleme Yöntemlerinin Kuramsal Temelleri

Tıbbi görüntüleme, modern tıbbın tanı ve tedavi süreçlerinde vazgeçilmez bir konuma sahiptir. Günümüzde kullanılan radyolojik yöntemler, farklı fiziksel prensiplere dayalı olarak geliştirilmiş olup, her bir teknik kendi avantajları, sınırlılıkları ve özel kullanım alanları ile karakterize edilmektedir. Radyolojinin kuramsal temellerinin anlaşılması, yalnızca cihazların çalışma prensiplerini bilmek açısından değil, aynı zamanda hangi klinik durumda hangi yöntemin tercih edilmesi gerektiğine yönelik rasyonel karar verebilmek açısından da kritik öneme sahiptir.

2.1. X-Işınları ve Konvansiyonel Radyografi

Radyolojinin başlangıç noktası, Wilhelm Conrad Röntgen'in 1895 yılında X-ışınlarını keşfi ile olmuştur. X-ışınları, kısa dalga boylu ve yüksek enerjili elektromanyetik dalgalarlardır. İnsan vücuduna gönderildiğinde dokularla farklı şekillerde etkileşime girerler. Yoğunluğu yüksek dokular, özellikle kalsiyum içeren kemikler, X-ışınlarını daha fazla soğurarak beyaz; yoğunluğu düşük dokular ise daha az soğurarak daha koyu tonlarda görüntülenir (Bushberg, Seibert, Leidholdt, & Boone, 2012).

Konvansiyonel radyografinin avantajları arasında düşük maliyet, hızlı çekim süresi ve geniş erişilebilirlik sayılabilir. Bu nedenle göğüs hastalıkları, travma, ortopedi ve diş hekimliği gibi alanlarda halen ilk basamak görüntüleme yöntemi olma özelliğini sürdürmektedir. Bununla birlikte, iki boyutlu görüntü sunması ve yumuşak dokuların kontrast çözünürlüğünün sınırlı olması, başlıca dezavantajlarıdır.

2.2. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Bilgisayarlı tomografi, 1970'li yıllarda klinik kullanıma girmiş ve radyolojide devrim yaratmıştır. BT, X-ışınlarının farklı açılardan gönderilmesiyle elde edilen verilerin bilgisayar algoritmaları aracılığıyla üç boyutlu olarak yeniden yapılandırılması prensibine dayanır. Bu yöntem, özellikle akciğer, beyin ve abdominal organların incelenmesinde yüksek uzaysal çözünürlük sunar (Brenner & Hall, 2007).

BT'nin avantajları arasında hızlı çekim süresi, geniş anatomik alanların kısa sürede taranabilmesi ve acil durumlarda hayat kurtarıcı olması yer alır. Ancak en önemli dezavantajı iyonizan radyasyon maruziyetidir. Bu nedenle son yıllarda düşük doz protokolleri, iterative reconstruction algoritmaları ve pediatrik popülasyon için özel yazılımlar geliştirilmiştir (Kalra, Maher, Rizzo, Kanarek, & Shepard, 2004).

Klinik uygulamada BT, özellikle travma hastalarında total vücut taramalarında, inme olgularında beyin perfüzyon çalışmalarında, kardiyolojide koroner BT anjiyografi ile damar değerlendirmesinde vazgeçilmez hale gelmiştir.

2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR)

Manyetik rezonans görüntüleme, iyonizan radyasyon kullanmayan bir yöntemdir. Temelinde, güçlü manyetik alan ve radyo dalgaları ile hidrojen protonlarının enerjilerindeki değişimlerin ölçülmesi yatar. İnsan vücudunda en bol bulunan element olan hidrojenin manyetik özelliklerinden yararlanılarak elde edilen sinyaller, farklı sekanslarla çeşitlendirilir ve yüksek kontrast çözünürlükte görüntüler üretilir (Brown & Semelka, 2019).

MR'ın en önemli avantajı yumuşak doku kontrastındaki üstünlüğüdür. Beyin, omurilik, kas-iskelet sistemi, karaciğer ve pelvis gibi alanlarda olağanüstü ayrıntılı görüntüler elde edilebilir. Ayrıca difüzyon ağırlıklı görüntüleme, perfüzyon çalışmaları ve fonksiyonel MR gibi ileri teknikler, yalnızca morfolojik değil, aynı zamanda fizyolojik bilgi de sağlar. Dezavantajları ise uzun çekim süreleri, yüksek maliyet ve hareket artefaktlarına duyarlılıktır.

2.4. Ultrasonografi (USG)

Ultrasonografi, yüksek frekanslı ses dalgalarının doku arayüzlerinden yansımaya dayanan bir tekniktir. İyonizan radyasyon içermemesi, taşınabilirliği, düşük maliyeti ve gerçek zamanlı inceleme olanağı, ultrasonu pediatri, obstetri ve acil servislerde ilk tercih edilen yöntemlerden biri yapmaktadır (Nelson & Pretorius, 2020).

USG'nin avantajları arasında damar yapılarının Doppler incelemeleriyle değerlendirilmesi, gebelikte fetüsün güvenli takibi ve girişimsel işlemlerde iğne kılavuzluğunda rehberlik etmesi bulunmaktadır. Operatör bağımlılığı ve derin dokularda görüntüleme sınırlılıkları ise dezavantajlarıdır.

2.5. Nükleer Tıp ve Hibrid Görüntüleme

Nükleer tıp, radyoaktif izotopların organ düzeyinde dağılımını görüntülemeye dayanır. Tek foton emisyon tomografisi (SPECT) ve pozitron emisyon tomografisi (PET), özellikle onkoloji ve kardiyoloji alanlarında metabolik ve fonksiyonel bilgi sağlamaktadır. Son yıllarda PET/BT ve PET/MR gibi hibrid sistemler geliştirilmiş olup, bu yöntemler morfolojik ve metabolik bilgiyi aynı anda sunarak tanısal doğruluğu artırmıştır (Townsend, 2020).

PET görüntülemede en yaygın kullanılan radyoizotop florodeoksiglukoz (FDG)'dur. FDG-PET özellikle malignitelerin saptanmasında, evrelemesinde ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde yüksek duyarlılık ve özgüllük göstermektedir.

2.6. Görüntüleme Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Her bir görüntüleme yönteminin kendine özgü avantajları ve sınırlılıkları vardır. Örneğin, travma hastasında BT hayat kurtarıcı olabilirken, çocuk hastada ultrason öncelikli tercih edilmelidir. Beyin tümörlerinde MR yüksek doku kontrastı sağlarken, metabolik aktivite için PET görüntüleme tamamlayıcıdır. Bu nedenle günümüzde radyoloji, tek bir yöntemin değil, yöntemlerin rasyonel kombinasyonlarının kullanıldığı bütüncül bir disiplin olarak tanımlanmaktadır.

3. Klinik Karar Sürecinde Radyolojinin Rolü

Radyoloji, modern tıbbın yalnızca tanısal doğruluk sağlamaktan ibaret olmayan, klinik karar verme sürecinin tüm aşamalarına nüfuz eden bir bileşenidir. Tanı, evreleme, tedavi planlama, tedaviye yanıtın değerlendirilmesi ve uzun dönem takip süreçlerinde radyolojik veriler, klinisyenlerin stratejik kararlarını yönlendiren en önemli unsurlardan biri hâline gelmiştir. Günümüzde multidisipliner yaklaşımın vazgeçilmez bir parçası olan radyoloji, birçok klinik senaryoda karar mekanizmasının belirleyici noktasıdır (Sardanelli et al., 2017).

Örneğin, onkoloji pratiğinde radyolojik incelemeler olmaksızın doğru evreleme yapmak neredeyse imkânsızdır. Akciğer kanseri olgularında PET/BT ile lenf nodu metastazlarının veya uzak organ tutulumlarının gösterilmesi,

hastanın cerrahiye mi yoksa sistemik tedaviye mi yönlendirileceğini belirler. Benzer şekilde meme kanserinde MR, tümörün multifokalitesini ve göğüs duvarıyla ilişkisini ortaya koyarak cerrahın mastektomi ya da meme koruyucu cerrahi kararına doğrudan etki eder. Bu veriler, yalnızca tanısal doğruluk sağlamaz, aynı zamanda tedavi algoritmalarının tümünü şekillendirir.

Kardiyovasküler hastalıkların yönetiminde de benzer bir durum söz konusudur. Koroner BT anjiyografi, invaziv koroner anjiyografi ihtiyacını azaltmakta, noninvaziv biçimde aterosklerotik plak yükü hakkında bilgi vererek hangi hastaların medikal tedaviye, hangilerinin girişimsel yaklaşıma uygun olduğunu belirlemektedir. Özellikle asemptomatik bireylerde koroner kalsiyum skorlaması, gelecekteki kardiyak olay riskinin öngörülmesini sağlayarak klinik kararları doğrudan etkilemektedir.

Nörolojide de radyolojinin klinik karar sürecindeki merkezi rolü açıktır. Akut inmede ilk dakikalarda yapılan BT, hemorajiyi dışlayarak trombolitik tedavi kararını belirlerken, difüzyon MR ise infarkt alanını göstererek tedavi penceresini tanımlar. Bu görüntüleme olmadan yapılan klinik kararlar, yüksek oranda mortalite ve morbidite riskini beraberinde getirebilir. Radyoloji bu anlamda sadece tanıyı doğrulayan değil, aynı zamanda klinik müdahalenin yönünü belirleyen bir kılavuzdur.

Travma hastalarında total vücut BT'nin kullanımı, multidisipliner ekibin hızlı karar almasını mümkün kılar. Örneğin batın içi organ yaralanmalarının varlığı, aktif kanama olup olmadığı ve eşlik eden toraks yaralanmaları tek bir inceleme ile ortaya konabilir. Bu bilgiler, cerrahın acil laparotomiye mi, yoksa konservatif yaklaşıma mı karar vereceğini doğrudan belirler. Acil servislerde alınan bu hızlı kararlar, hastanın yaşam şansını artırmakta ve kaynak kullanımını optimize etmektedir.

Multidisipliner tümör konseylerinde de radyoloji, tartışmaların merkezindedir. Radyoloğun sunduğu ayrıntılı rapor ve görüntüler, onkolog, cerrah ve radyasyon onkoloğu için tedavi planının temelini oluşturur. Tümörün boyutu, sınırları, lenf nodu tutulumları ve uzak metastaz bulguları, hangi hastada neoadjuvan tedavi uygulanacağına, hangi hastanın doğrudan cerrahiye alınacağına karar vermede belirleyici parametrelerdir. Bu nedenle günümüzde “görüntüleme temelli karar verme” klinik pratiğin standardı hâline gelmiştir (Sardanelli et al., 2017).

Kısacası, radyoloji klinik karar süreçlerinde yalnızca tanısal doğruluk sağlayan bir araç değil, aynı zamanda tanıdan tedaviye giden yolda her aşamada aktif rol alan bir rehberdir. Modern sağlık hizmetlerinde klinik stratejilerin çoğu, radyolojik veriler olmadan eksik kalmakta ve hasta

güvenliği açısından riskli hâle gelmektedir. Bu nedenle radyoloji, çağdaş tıp pratiğinde yalnızca tamamlayıcı bir unsur değil, klinik kararların ayrılmaz bir bileşeni olarak görülmektedir

3.1. Tanısal Katkıları ve Erken Tanı

Klinik karar verme sürecinin ilk basamağı tanıdır. Radyolojik yöntemler, pek çok durumda erken tanıya ulaşmayı mümkün kılar ve bu da tedavi başarısını doğrudan etkiler. Akut iskemik inmede örneğin, acil koşullarda yapılan bilgisayarlı tomografi (BT) incelemesi intrakraniyal kanamanın varlığını dakikalar içinde dışlayarak trombolitik tedavinin güvenli bir şekilde uygulanıp uygulanamayacağını belirler. Difüzyon ağırlıklı manyetik rezonans görüntüleme (DW-MRI) ise serebral dokuda iskemik değişiklikleri dakikalar içinde göstererek “inme penceresi”nin hassasiyetle belirlenmesini sağlar ve bu nedenle altın standart olarak kabul edilmektedir (Powers et al., 2019). Bu erken tanı, yalnızca mortaliteyi azaltmakla kalmaz, aynı zamanda sakatlık oranlarını da ciddi biçimde düşürür.

Onkoloji alanında da radyolojinin erken tanıdaki rolü vazgeçilmezdir. Mamografinin sağladığı tarama avantajı, meme kanserinin henüz klinik belirti vermediği dönemlerde mikrokalsifikasyonların saptanmasını mümkün kılar. Buna ek olarak, kontrastlı manyetik rezonans görüntüleme, mamografinin şüpheli bulgularını destekler veya meme yoğunluğu yüksek bireylerde ilave bilgi sağlayarak erken evre lezyonların ortaya çıkarılmasına yardımcı olur. Bu sayede tümör çapı küçülmeden, lenf nodu tutulumu başlamadan ve metastatik süreç hız kazanmadan hastalık saptanabilir. Erken evrede saptanan meme kanseri olgularında sağkalım oranlarının belirgin biçimde artması, radyolojik taramaların doğrudan yaşam kurtarıcı rolünü göstermektedir.

Akciğer kanseri, dünya genelinde en sık görülen ve en fazla ölüme yol açan kanser türlerinden biridir. Klinik belirtiler genellikle ileri evrede ortaya çıktığı için tarama yöntemlerinin önemi büyüktür. Düşük doz BT kullanımıyla yapılan akciğer kanseri taramaları, erken evrede küçük nodüllerin yakalanmasını sağlar ve bu taramaların mortaliteyi anlamlı şekilde azalttığı randomize kontrollü çalışmalarla gösterilmiştir (National Lung Screening Trial Research Team, 2011). Örneğin, yüksek risk grubundaki uzun süreli sigara içicilerde düşük doz BT ile tanınan küçük hücreli dışı akciğer kanserlerinde cerrahi rezeksiyon şansı doğmakta, ileri evredeki olgularda görülen düşük sağkalım oranlarının önüne geçilebilmektedir.

Radyolojik yöntemlerin erken tanıya katkısı sadece kanser veya inme gibi ölümcül hastalıklarla sınırlı değildir. Örneğin, akut apandisit olgularında ultrasonografi ile yapılan hızlı inceleme, gereksiz laparotomileri

önleyebilirken, şüpheli durumlarda BT ile inflamasyonun evresi ve komplikasyonların varlığı netleştirilerek hem yanlış negatif hem de yanlış pozitif oranlar azaltılmaktadır. Çocuklarda ultrasonun non-invaziv yapısı, radyasyon riski olmaması ve gerçek zamanlı inceleme imkânı, erken tanıyı güvenli biçimde mümkün kılmaktadır.

Ayrıca pediatrik popülasyonda konjenital anomalilerin tanısında da radyoloji ön plandadır. Yenidoğanlarda ultrasonografi ile saptanan böbrek anomalileri, erken müdahaleyle ileride oluşabilecek böbrek yetmezliğinin önüne geçilmesini sağlar. Benzer şekilde prenatal dönemde yapılan ultrason ve fetal MR incelemeleri, santral sinir sistemi malformasyonlarını veya kardiyak anomalileri doğum öncesinde tanıyabilmekte, böylece hem aileye danışmanlık verilmekte hem de doğum sonrası tedavi planlaması yapılabilmektedir.

Tüm bu örnekler, radyolojinin klinik karar süreçlerinin en başında yer alan tanı aşamasındaki hayati rolünü gözler önüne sermektedir. Erken dönemde yapılan doğru tanı yalnızca hastanın yaşam süresini uzatmakla kalmaz, aynı zamanda yaşam kalitesini artırır ve sağlık sistemine olan maliyetleri azaltır. Bu nedenle radyolojik yöntemler, modern tıbbın “erken tanı – erken tedavi” yaklaşımının vazgeçilmez taşıyıcı sütunlarından biri olarak kabul edilmektedir (Powers et al., 2019; National Lung Screening Trial Research Team, 2011).

3.2. Hastalıkların Evrenmesi ve Risk Sınıflaması

Tanının ötesinde radyoloji, hastalıkların evrenmesinde ve risk sınıflamasında belirleyici bir rol üstlenmektedir. Özellikle onkolojide doğru evreleme yapılması, yalnızca hastalığın mevcut yaygınlığını ortaya koymakla kalmaz, aynı zamanda tedavi stratejilerinin seçiminde de belirleyici olur. TNM sınıflamasının güvenilir biçimde yapılabilmesi, radyolojik veriler olmaksızın mümkün değildir. Lezyonun boyutu, lenf nodu tutulumu ve uzak metastaz varlığı gibi parametreler, bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MR) ve pozitron emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (PET/BT) incelemeleri ile ayrıntılı biçimde değerlendirilmektedir (Choi et al., 2018).

Örneğin, akciğer kanserinde BT ile primer tümör boyutu ve lokal invazyon; PET/BT ile lenf nodu metastazları ve uzak organ tutulumları net olarak belirlenebilir. Bu sayede bir hasta, cerrahi rezeksiyona uygun “erken evre” kategorisinden sistemik tedaviye ihtiyaç duyacak “ileri evre” kategorisine farklılaştırılabilir. Benzer şekilde kolorektal kanserlerde karaciğer metastazlarının çok fazla BT ve MR ile doğru biçimde tanımlanması, hangi

hastaların cerrahi şansı olduğunu, hangilerinin yalnızca sistemik tedaviye yönlendirileceğini belirler.

Meme kanserinde de evreleme sürecinde radyolojinin yeri tartışmasıdır. Meme MR ile multifokalite veya kontrallateral meme tutulumu değerlendirilebilir; aksiller lenf nodlarının ultrason ve BT ile incelenmesi, biyopsi ile doğrulama yapılması, cerrahın sentinel lenf nodu biyopsisi mi yoksa aksiller diseksiyon mu uygulayacağına karar vermesine yol açar. Bu kararların doğruluğu, hastanın hem sağkalımı hem de yaşam kalitesi açısından kritik öneme sahiptir.

Onkolojinin dışında kardiyolojide de radyolojik yöntemler risk sınıflamasında önemli bir yer tutmaktadır. Koroner BT anjiyografi, koroner arterlerdeki aterosklerotik plak yükünü ortaya koymakta ve bu plakların morfolojisini ayrıntılı biçimde göstermektedir. Özellikle kalsiyum skorlaması, asemptomatik bireylerde gelecekteki kardiyovasküler olaylara yönelik riskleri öngörmek için kullanılan güvenilir bir yöntemdir. Skorun yüksek çıkması, miyokard enfarktüsü veya ani kardiyak ölüm olasılığının artışı ile ilişkilidir (Budoff et al., 2018). Bu nedenle kalsiyum skoru, sadece bir görüntüleme bulgusu olmanın ötesinde, hasta yönetiminde terapötik kararları doğrudan etkileyen bir biyobelirteç gibi değerlendirilmektedir.

Benzer şekilde kardiyak MR, miyokard dokusunun canlılığını ve fibroz alanlarını ortaya koyarak kalp yetmezliği olan hastaların prognozunu öngörmeye kullanılmaktadır. Bu bilgi, kardiyologların hangi hastaya implantabl defibrilatör, hangi hastaya yalnızca medikal tedavi uygulanacağına karar vermesini kolaylaştırır. Radyolojinin sağladığı bu tür prognostik bilgiler, yalnızca mevcut hastalığın varlığını göstermekle kalmayıp, uzun dönem sonuçları doğrudan öngörmeye yardımcı olur.

Nörolojide de evreleme ve risk sınıflaması kavramı giderek önem kazanmaktadır. Multiple skleroz (MS) hastalarında MR ile saptanan yeni veya aktif lezyonların sayısı ve dağılımı, tedavinin agresif mi yoksa daha konservatif mi seçileceğini belirler. İnme hastalarında difüzyon-perfüzyon MR eşleşmesi, hangi hastaların endovasküler tedaviye uygun olduğunun belirlenmesinde anahtar rol oynamaktadır.

Tüm bu örnekler, radyolojinin yalnızca hastalık varlığını göstermekle kalmadığını, aynı zamanda prognozu doğrudan etkileyen ve tedavi seçiminde belirleyici olan veriler sunduğunu göstermektedir. Klinik pratiğin her alanında hastalığın evresini doğru biçimde tanımlamak ve hastayı uygun risk grubuna yerleştirmek, ancak yüksek doğrulukla yapılmış radyolojik incelemeler sayesinde mümkündür (Choi et al., 2018; Budoff et al., 2018).

3.3. Tedavi Planlama

Tedavi planlama sürecinde radyolojinin rolü, modern tıbbın en kritik bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Cerrahi girişimlerde anatomik varyasyonların önceden bilinmesi, olası komplikasyonları azaltır. Örneğin hepatobiliyer cerrahilerde manyetik rezonans kolanjiyopankreatografi (MRCP), aksesuar safra kanallarını, segmental drenaj paternlerini ve darlık seviyelerini ayrıntılı biçimde ortaya koyar; buna eşlik eden bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografi ise hepatik arter, portal ven ve hepatik venlerin seyri ile varyasyonlarını üç boyutlu olarak haritalandırır (Bhosale et al., 2020). Canlı donör karaciğer naklinde bu veriler, greft hacmi ile alıcıda kalacak karaciğer hacminin fizyolojik yeterliliğini aynı plan üzerinde göstererek donör güvenliği ile greft başarısı arasındaki dengeyi kurmayı sağlar; örneğin sağ lob greft planlanırken sağ posterior kanalın ayrı drenajı önceden bilinir ve biliyer anastomoz stratejisi buna göre belirlenir (Bhosale et al., 2020).

Pankreas başı tümörlerinde BT anjiyografinin arteriyel ve portal faz değerlendirmeleri, superior mezenterik arter/ven ve çölyak trunkus ile tümörün temas derecesini ve sarmalanma açısını göstermesi sayesinde “rezektabl, sınırdaki rezektabl ya da rezektabl olmayan” ayrımını objektifleştirir. Örneğin $>180^\circ$ arteriyel sarmalanma saptanan olgularda primer cerrahi yerine neoadjuvan tedavi kararı öne çıkar; venöz kısmi invazyonla sınırlı olgularda ise, damarsal rekonstrüksiyon eşliğinde rezeksiyon seçenekleri gündeme gelebilir (Bhosale et al., 2020). Benzer biçimde perihiler kolanjiyokarsinom şüphesinde MRCP ile biliyer dallanma ve stenoz uzunluğu, BT ile lobar atrofi ve portal ven tutulumunun birlikte değerlendirilmesi rezeksiyon sınırını, gerektiğinde portal ven embolizasyonu ya da iki aşamalı cerrahi planını öngörülebilir kılar (Bhosale et al., 2020).

Karaciğer metastazlı hastalarda çok fazlı BT ve karaciğer odaklı MR incelemeleri, lezyon sayısı, segmental dağılım ve vasküler komşuluğu ayrıntılandırarak cerrahi stratejiyi belirler; “kalan karaciğer hacmi” hesapları yetersizse portal ven embolizasyonu veya iki aşamalı hepatektomi gibi yaklaşımlar planlanabilir. Görüntüleme aynı zamanda ablasyonla kombine sınırlı rezeksiyon seçeneğinin etkinliğini değerlendirmek için de kullanılır; örneğin derin parankimde damar komşuluğundaki küçük odaklar için termal ablasyon, yüzeysel yerleşimli odaklar için wedge rezeksiyon tek seferde planlanabilir (Bhosale et al., 2020). Safra yolu darlıklarında inflamatuvar striktür ile malign darlığın ayırıcı tanısı için MRCP bulgularının zamanlaması da kritiktir; akut kolanjit sonrası çekilen görüntülerde duvar kalınlaşması ve ödem yalancı pozitif sonuçlara yol açabileceğinden, stabil fazda tekrarlanan

inceleme cerrahi endikasyonu gereksiz genişlikte belirlemekten korur (Bhosale et al., 2020).

Kolorektal cerrahi öncesinde rektal MR, mezorektal fasya ile tümör ilişkisini ve CRM (circumferential resection margin) riskini milimetrik düzeyde göstererek neoadjuvan kemoradyoterapi gereksinimini belirler; sfinkter tutulumu veya levator ani invazyonu bilgisi, sfinkter koruyucu cerrahinin olanaklı olup olmadığını doğrudan etkiler. Benzer şekilde böbrek tümörlerinde arteriyel ve parankimal faz BT ile renal pedikül anatomisi ve toplayıcı sistemle ilişkinin tanımlanması, parsiyel nefrektomi sırasında iskemi süresi ve klemp stratejisini planlamada belirleyicidir. Tiroid kanserlerinde boyun USG ile şüpheli lenf düğümlerinin morfolojik değerlendirilmesi ve USG eşliğinde ince iğne aspirasyon biyopsisi, boyun diseksiyonunun düzeylerini gereksiz genişlikten korur (Bhosale et al., 2020).

Radyoterapi planlamasında görüntüleme, tümör hacminin ve kritik organların hatasız tanımlanmasının temel dayanağıdır. Planlama BT'si üzerine MR'ın eşleştirilmesi, özellikle beyin, baş-boyun ve pelvik tümörlerde yumuşak doku kontrastını artırarak GTV/CTV/PTV tanımlarının doğruluğunu yükseltir. Akciğer tümörlerinde 4D-BT ile solunum hareketine bağlı hedef kaymaları nicel olarak ölçülür; elde edilen veriye göre solunum eşlemeli (gating) ya da nefes tutma teknikleri seçilerek hedef marjları optimize edilir. Günlük tedavi doğrulamasında konik ışın BT gibi IGRT uygulamaları, hedef ve kritik organ konumlarını her fraksiyonda yeniden kontrol ederek geometrik belirsizliği azaltır; adaptif radyoterapi iş akışlarıyla tümör hacminde küçülme veya ödem gibi değişiklikler saptandığında plan yeniden hesaplanır (Gregoire et al., 2018).

Fonksiyonel ve moleküler görüntüleme, anatomik hedeflemenin ötesine geçerek biyolojik hedeflemeyi mümkün kılar. FDG-PET ile yüksek metabolik aktiviteye sahip alt hacimlerin haritalandırılması, “boost” alanlarının belirlenmesini sağlar; bu “doz boyaması” (dose painting) yaklaşımı baş-boyun kanserlerinde hipoksik/nüks eğilimli bölgelerin daha etkin dozla kontrolüne hizmet eder. Rektum ve serviks kanserlerinde difüzyon MR ile ADC değerlerindeki erken değişimlerin tedavi yanıtını öngördüğüne ilişkin bulgular, tedavi ortasında hedef ve marjların yeniden tanımlanmasına kapı açar; yanıt veren hastada kritik organ dozlarını azaltmak, yanıt vermeyende ise alanları biyolojik olarak yoğunlaştırmak mümkün olur (Gregoire et al., 2018). Bu yaklaşım, toksisiteyi arttırmadan lokal kontrol olasılığını yükseltmeyi amaçlayan kişiselleştirilmiş planların bilimsel zeminini oluşturur.

Görüntü kalitesi ve teknik uygunluk, planlama doğruluğunun önkoşuludur. Kontrast madde zamanlamasındaki hatalar arteriyel

faz patolojilerinin gözden kaçmasına, geç fazda parankimal lezyon kontrastlanmasının maskelenmesine yol açabilir; metalik implant varlığında BT’de ışın sertleşmesi ve MR’da manyetik duyarlılık artefaktları görülebilir, bu durumda metal artefakt azaltma algoritmaları, uygun rekonstrüksiyon çekirdekleri ve sekans modifikasyonları devreye sokulmalıdır. Kurum içi konturlama kılavuzları ve çok disiplinli ortak değerlendirme oturumları, gözlemciler arası değişkenliği azaltır; DICOM-RT uyumlu veri akışı ve raporlama, tedavinin izlenebilirliğini ve yeniden üretilebilirliğini güçlendirir (Gregoire et al., 2018).

Multidisipliner tümör konseylerinde radyoloğun sunduğu ayrıntılı haritalandırma, tedavi sıralamasını değiştirebilecek ağırlıktadır. Pankreas başı neoplazmlarında arteriyel sarmalanma derecesi yüksekse neoadjuvan tedaviye yönelme; yalnız venöz temas varsa rekonstrüksiyonla kombine rezeksiyon; biyopsiyle histolojik doğrulama gereksinimi gibi kararlar doğrudan görüntüleme temellidir (Bhosale et al., 2020). Rektal kanserde CRM tehdidi belirginse neoadjuvan tedavi ile rezeksiyon sınırlarının güvenli hâle getirilmesi; karaciğer metastazlarında segmental yerleşim ve kalan karaciğer hacmine göre portal ven embolizasyonu veya iki aşamalı yaklaşım seçilmesi, hepsi radyolojik verinin planlama masasına koyduğu somut haritalara dayanır (Bhosale et al., 2020).

Tüm bu örnekler, radyolojinin tedavi planlamasında anatomik kesinlik, fonksiyonel doğrulama ve biyolojik hedeflemeyi bir araya getirerek komplikasyonları azalttığını, etkinliği artırdığını ve hasta güvenliğini öncelediğini gösterir. Cerrahi haritalandırmadan radyoterapide hedef hacim tanımına, neoadjuvan/adyuvant strateji seçiminden minimal invaziv yaklaşımların sınırlarının çizilmesine kadar her adımda, doğru çekilmiş ve doğru yorumlanmış görüntüleme verisi klinik sonuca doğrudan yansır (Bhosale et al., 2020; Gregoire et al., 2018).

3.4. Tedaviye Yanıtın Değerlendirilmesi ve Takip

Tedavi sonrası dönemde radyoloji, yanıtın değerlendirilmesinde standart kriterlerin uygulanmasına imkân verir. Solid tümörlerde en sık kullanılan yöntemlerden biri olan RECIST (Response Evaluation Criteria in Solid Tumors) kriterleri, tümör boyutlarının radyolojik ölçümlere dayalı olarak izlenmesine olanak tanır. BT ve MR görüntülemelerle yapılan uzun çap ölçümleri, lezyonun küçülme oranını belirler ve hastalığın “tam yanıt”, “kısmi yanıt”, “stabil hastalık” ya da “progresif hastalık” kategorilerinden hangisine girdiğini ortaya koyar (Eisenhauer et al., 2009). Bu standartlaştırma, farklı merkezlerde yapılan klinik araştırmalarda karşılaştırılabilir veriler elde edilmesini sağladığı için de bilimsel açıdan büyük önem taşır.

Örneğin akciğer kanserinde kemoterapi alan bir hastanın kontrol BT incelemelerinde primer tümörün boyutunun %30'dan fazla küçülmesi, kısmi yanıt olarak tanımlanırken; aynı tümörün en kısa çapının %20'den fazla büyümesi progresyon olarak kabul edilmektedir. Bu sayede klinisyen, aynı görüntüleme kriterlerine dayalı olarak evrensel tanımlarla tedavi etkinliğini değerlendirme şansı bulur.

Ancak son yıllarda yalnızca morfolojik ölçümlere dayalı bu yaklaşımın yetersiz kaldığı durumlar görülmeye başlanmıştır. Özellikle hedefe yönelik tedavilerve immünoterapilerle birlikte tümör boyutu küçülmesebile metabolik aktivitede belirgin düşüş olabilmektedir. Bu noktada PET/BT incelemeleri devreye girer. FDG-PET/BT ile tümörün glukoz metabolizmasındaki değişimler saptanarak, tedaviye daha erken dönemde yanıt alınıp alınmadığı belirlenebilir. Örneğin lenfoma hastalarında kemoterapinin ikinci küründen sonra yapılan PET/BT incelemelerinde metabolik aktivitenin kaybolması, tedavinin başarılı olduğuna dair güçlü bir öngörü sağlar.

Ayrıca immünoterapi alan hastalarda görülen “pseudoprogression” fenomeni, klasik RECIST ölçümlerinin sınırlılığını göstermektedir. Bazı olgularda immün hücre infiltrasyonu nedeniyle tümör boyutunda geçici bir artış izlenirken, gerçekte tümör yükü azalmaktadır. Bu nedenle immünoterapiye özel olarak geliştirilmiş iRECIST kriterleri kullanılmakta ve radyolojik yanıt değerlendirmesi fonksiyonel ve biyolojik bilgilerle desteklenmektedir.

Takip sürecinde radyolojinin katkısı yalnızca yanıt değerlendirmekle sınırlı değildir. Nükslerin erken dönemde saptanması, hastanın yeniden tedaviye yönlendirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Meme kanseri cerrahisi sonrası yıllık mamografi kontrolleri, kolorektal kanserlerde düzenli BT incelemeleri ya da beyin tümörlerinde kontrastlı MR ile yapılan yakın takip, hastalığın tekrarlamasını erken aşamada ortaya koyar ve sekonder tedavi şansını artırır.

Bununla birlikte, radyoloji yalnızca tümöral hastalıkların değil, inflamatuvar ve vasküler patolojilerin tedavi yanıtını değerlendirmede de önemli rol üstlenmektedir. Örneğin vaskülit tedavisinde MR anjiyografi ile damar duvarı kalınlığındaki azalma veya anevrizma gelişiminin önlenmesi, tedavinin etkinliğini gösterebilir. Romatizmal hastalıklarda eklem MR incelemeleri ile sinovit aktivitesindeki gerileme, biyolojik ajanların etkinliği konusunda objektif kanıtlar sağlar.

Sonuç olarak, radyolojik takip ve yanıt değerlendirmesi modern tıpta yalnızca boyut ölçümleriyle sınırlı kalmayan, metabolik ve fonksiyonel

parametreleri de içine alan bütüncül bir yaklaşım hâline gelmiştir. Bu durum, hem bireysel hasta yönetiminde hem de klinik araştırmalarda standardizasyonun sağlanmasında radyolojinin vazgeçilmez rolünü bir kez daha ortaya koymaktadır (Eisenhauer et al., 2009).

3.5. Multidisipliner Karar Süreçleri

Modern tıpta hasta yönetimi multidisipliner yaklaşıma dayanmaktadır. Radyoloji, bu ekiplerin en kritik üyelerinden biridir. Tümör konseylerinde radyoloğun sunduğu bulgular, cerrahın uygulayacağı teknikten onkologun seçeceği tedavi protokolüne kadar birçok kararı etkileyebilmektedir (ESR, 2019).

Travma yönetiminde de radyolojinin multidisipliner rolü dikkat çekicidir. Hızlı total vücut BT protokolleri, travma cerrahı ve yoğun bakım ekibiyle eş zamanlı karar alınmasına imkân verir. Benzer şekilde, pediatrik hasta yönetiminde radyoloji uzmanının yorumları, çocuk cerrahı, neonatolog ve pediatriğin tedavi planlarını doğrudan etkiler.

3.6. Klinik Karar Sürecinde Yeni Paradigmalar

Son yıllarda klinik karar süreçlerinde yapay zekâ (YZ) ve radyomik analizler öne çıkmaktadır. Klasik radyolojik değerlendirme, görsel gözleme dayalı niteliksel yorumlarla sınırlıyken, günümüzde bilgisayar destekli sistemler ve algoritmalar sayesinde çok daha kapsamlı, hızlı ve objektif değerlendirmeler yapılabilmektedir. YZ destekli görüntü analizleri, radyologların karar verme sürecine hız ve doğruluk kazandırmakta; küçük lezyonların gözden kaçmasını önlemekte ve raporlama sürelerini azaltmaktadır. Özellikle mamografide kitle saptama, toraks BT'de akciğer nodüllerinin karakterizasyonu ve beyin MR'ında multipl skleroz plaklarının otomatik belirlenmesi gibi alanlarda YZ'nin etkinliği kanıtlanmıştır. Bu sistemler, deneyimli bir radyoloğun performansına yakın sonuçlar verebilmekte, hatta bazı durumlarda tanısal duyarlılığı artırabilmektedir.

Radyomik yaklaşımlar ise görüntülerin içerisindeki kantitatif özelliklerin çıkarılması ile hastalık prognozunun öngörülmesine imkân tanımaktadır (Lambin et al., 2017). Geleneksel radyolojik raporlarda tümörün boyutu ve şekli gibi makroskopik özellikler değerlendirilirken, radyomikler görüntülerin piksel düzeyindeki yoğunluk dağılımları, doku heterojenliği, kenar özellikleri ve fraktal analizler gibi yüzlerce parametreyi matematiksel olarak tanımlar. Bu veriler, tümörün biyolojik davranışıyla korele edilerek tedaviye yanıtın tahmini veya hastalığın nüks riski konusunda öngörüler geliştirilmesine olanak tanır. Örneğin akciğer kanseri hastalarında radyomik

imzalar kullanılarak EGFR mutasyonu gibi moleküler değişiklikler önceden tahmin edilebilmekte, böylece genetik test yapılmadan biyolojik bilgiye ulaşılabilmektedir.

“Decision support systems” olarak adlandırılan bilgisayar destekli karar sistemleri, klinik verilerle radyolojik bulguları entegre ederek hasta bazlı daha kişiselleştirilmiş stratejiler geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu sistemler, yalnızca radyolojik görüntüleri değil; laboratuvar verileri, genomik profiller ve klinik öykü gibi çok boyutlu verileri bir araya getirerek tedavi seçeneklerini optimize eder. Örneğin beyin tümörlü bir hastada MR’dan elde edilen radyomik veriler, PET görüntülemeye ölçülen metabolik aktivite ve patolojiden gelen moleküler belirteçlerle entegre edilerek kişiselleştirilmiş tedavi protokolü önerilebilir.

Bununla birlikte, yeni paradigmaların klinik uygulamaya girmesi bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. YZ algoritmalarının eğitildiği veri setlerinin çeşitliliği sınırlı olduğunda, farklı popülasyonlarda genelleme hataları ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca klinik sorumluluğun kime ait olduğu, yani YZ’nin önerdiği yanlış bir kararın sonuçlarından kimin sorumlu olacağı hâlâ etik ve hukuki tartışma konusudur. Veri güvenliği de başka bir boyuttur; radyomik analizler için kullanılan büyük hasta veri tabanlarının güvenliği, hasta mahremiyeti açısından hassasiyet gerektirmektedir.

Tüm bu sınırlamalara rağmen yapay zekâ, radyomik ve karar destek sistemleri radyolojinin yalnızca bugünkü rolünü güçlendirmekle kalmamış, aynı zamanda disiplini geleceğin kişiselleştirilmiş tıbbının merkezine taşımıştır. Artık klinik karar süreçlerinde yalnızca “görüntüyü yorumlamak” değil, aynı zamanda biyolojik, moleküler ve klinik verileri bütünleştiren çok katmanlı bir yaklaşım gündemdedir. Bu sayede hastaların tedavi planları daha öngörülebilir, daha hedefe yönelik ve daha bireyselleştirilmiş hâle gelmektedir (Lambin et al., 2017).

4. Radyolojik Rehberlik ve Girişimsel Uygulamalar

Radyolojinin klinik karar süreçlerindeki rolü, yalnızca tanısal boyutla sınırlı değildir. Günümüzde radyoloji, pek çok durumda doğrudan terapötik girişimlere rehberlik eden bir alan hâline gelmiştir. Bu gelişim, özellikle girişimsel radyoloji adı altında şekillenen yeni bir disiplin ile somutlaşmıştır. Görüntüleme rehberliğinde gerçekleştirilen tanısal ve tedavi edici işlemler, minimal invaziv özellikleri sayesinde morbiditeyi azaltmakta, hastanede kalış süresini kısaltmakta ve maliyet-etkin çözümler sunmaktadır (Baerlocher, Asch, Myers, & Liu, 2018).

4.1. Tanısal Girişimler

Görüntüleme eşliğinde biyopsi, girişimsel radyolojinin en sık uygulanan yöntemlerinden biridir. Ultrason veya BT kılavuzluğunda yapılan biyopsiler, malignite tanısının doğrulanmasında ve histopatolojik alt tiplerin belirlenmesinde yüksek doğruluk sağlamaktadır. Benzer şekilde, drenaj işlemleri de görüntüleme rehberliğinde güvenli bir şekilde yapılabilmektedir (Gupta, Wallace, Cardella, & Kundu, 2011).

4.2. Tedavi Edici Girişimler

Embolizasyon, ablasyon ve stentleme gibi tedavi edici girişimler, birçok hastalığın yönetiminde cerrahiye alternatif veya tamamlayıcı yöntemler olarak kullanılmaktadır. Örneğin hepatoselüler karsinomda transarteriyel kemoembolizasyon (TACE), radyolojik rehberlikle en sık uygulanan tedavilerden biridir (Llovet et al., 2016). Termal ablasyon teknikleri (radyo-frekans, mikrodalga) ise özellikle karaciğer, böbrek ve akciğer tümörlerinde minimal invaziv tedavi seçenekleri sunmaktadır. Vasküler girişimler kapsamında ise periferik arter hastalıklarında anjiyoplasti ve stentleme işlemleri, görüntüleme rehberliğinde rutin olarak uygulanmaktadır.

4.3. Non-vasküler ve Kas-İskelet Girişimleri

Girişimsel radyoloji yalnızca onkoloji ve vasküler hastalıklarla sınırlı değildir. Kas-iskelet sisteminde, ultrason rehberliğinde eklem enjeksiyonları, sinir blokları ve tendon kılıfı girişimleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, özellikle ağrı yönetiminde ve fizik tedavi süreçlerinde giderek daha fazla önem kazanmıştır (Finlayson, O'Connor, & Stone, 2019).

4.4. Multidisipliner Yaklaşımla Entegrasyon

Girişimsel radyoloji, multidisipliner hasta yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Onkoloji konseylerinde ablasyon ve embolizasyon seçeneklerinin tartışılması, travma cerrahisinde acil embolizasyon kararlarının verilmesi ya da pediatrikte minimal invaziv tedavi protokollerinin planlanması bu entegrasyona örnektir. Bu yönüyle radyolojik rehberlik, yalnızca tanısal değil, terapötik karar süreçlerinde de belirleyici bir unsur hâline gelmiştir (Habibollahi, Hwang, & Thrall, 2020).

5. Radyasyon Güvenliği ve Etik İlkeler

Radyoloji pratiğinin önemli bir kısmı iyonizan radyasyon kullanımı üzerine kuruludur. Bu nedenle hasta, sağlık çalışanı ve toplum açısından **radyasyon güvenliği** temel bir önceliktir. Aynı zamanda, görüntüleme ve

girişimsel işlemler sırasında hastaların hakları, bilgilendirilmiş onam ve etik ilkeler de dikkate alınmalıdır.

5.1. ALARA Prensibi

Radyasyon güvenliğinin merkezinde, “**As Low As Reasonably Achievable (ALARA)**” ilkesi yer almaktadır. Bu prensip, tanınal doğruluktan ödün vermeden, hastanın maruz kaldığı radyasyon dozunun mümkün olan en düşük düzeyde tutulmasını öngörür (Mettler, Huda, Yoshizumi, & Mahesh, 2008). Günümüzde düşük doz BT protokolleri, pediatrik radyolojiye özel algoritmalar ve doz takip yazılımları, bu yaklaşımın klinik uygulamalara yansımalarıdır.

5.2. Çocuklar ve Gebelerde Radyasyon

Çocuklar ve gebeler, iyonizan radyasyonun biyolojik etkilerine karşı daha hassastır. Pediatrik popülasyonda BT kullanımının artışı, uzun dönem kanser riskine ilişkin önemli tartışmaları gündeme getirmiştir (Pearce et al., 2012). Gebelikte ise özellikle ilk trimesterde radyasyondan kaçınılmalı, ultrason ve MR gibi non-iyonizan yöntemler öncelikle tercih edilmelidir.

5.3. Sağlık Çalışanlarının Korunması

Radyologlar, teknisyenler ve girişimsel işlemlerde görev alan sağlık çalışanları da radyasyon güvenliği kapsamında korunmalıdır. Kurşun önlük, tiroid koruyucu, dozimetre kullanımı ve işlem odası tasarımıındaki koruyucu bariyerler, mesleki maruziyeti en aza indirmektedir (Rehani et al., 2014).

5.4. Etik İlkeler ve Bilgilendirilmiş Onam

Radyolojide etik ilkeler, yalnızca hasta güvenliğini değil aynı zamanda bilgi gizliliğini, görüntülerin saklanması ve doğru raporlamayı da kapsamaktadır. Özellikle girişimsel radyoloji uygulamalarında bilgilendirilmiş onam, hastanın işlem hakkında yeterli bilgi sahibi olmasını ve olası riskleri kabul ederek gönüllü katılımını sağlar (Mauro, Murphy, Thomson, & Venbrux, 2014). Ayrıca görüntüleme sırasında elde edilen verilerin eğitim veya araştırma amacıyla kullanılması durumunda etik kurallar ve hasta mahremiyeti korunmalıdır.

5.5. Yasal Düzenlemeler ve Küresel Standartlar

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen radyasyon güvenliği standartları, ulusal protokollere de yön vermektedir. Bu düzenlemeler, yalnızca hasta ve çalışan

güvenliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda uluslararası düzeyde etik ve hukuki uyumu da güvence altına alır (Frija, Damilakis, & Paulo, 2021).

6. Radyolojide Gelecek Perspektifleri

Radyoloji, modern tıbbın en hızlı gelişim gösteren alanlarından biridir. Son 30 yılda konvansiyonel radyografiden bilgisayarlı tomografiye, manyetik rezonans görüntülemeye kadar yaşanan teknolojik dönüşümler, tanı ve tedavi süreçlerinde devrim yaratmıştır. Günümüzde ise yapay zekâ destekli görüntü analizi, fonksiyonel ve moleküler görüntüleme, radyogenomik, kişiselleştirilmiş tıp, eğitimde dijitalleşme ve tele-radyoloji gibi yenilikler, radyolojiyi geleceğin sağlık hizmetlerinde daha da merkezi bir konuma taşımaktadır (Thrall, 2018).

6.1. Yapay Zekâ ve Derin Öğrenme Uygulamaları

Yapay zekâ (YZ), özellikle **derin öğrenme algoritmaları** sayesinde, görüntü analizi ve klinik karar destek sistemlerinde hızla yaygınlaşmaktadır. Meme kanseri taramalarında otomatik kitle saptama, akciğer nodüllerinin erken teşhisi, beyin MR görüntülerinde otomatik segmentasyon gibi alanlarda YZ'nin klinik performansının, deneyimli radyologlarla karşılaştırılabilir düzeye ulaştığı bildirilmektedir (McKinney et al., 2020).

YZ'nin temel katkısı, radyologun iş yükünü azaltmak, gözden kaçabilecek küçük lezyonların saptanmasını kolaylaştırmak ve görüntü yorumlama süresini kısaltmaktır. Bununla birlikte, YZ'nin tek başına tanı koyan bir araç değil, **radyoloğa yardımcı bir karar destek mekanizması** olduğu vurgulanmalıdır (Kelly et al., 2019).

6.2. Radyomik ve Radyogenomik Yaklaşımlar

Radyolojinin geleceğini şekillendiren bir diğer alan, **radyomik** ve **radyogenomik** yaklaşımlardır. Radyomik, görüntülerin piksel düzeyinde analiz edilerek matematiksel özelliklerinin çıkarılmasını ve bu özelliklerin klinik sonuçlarla ilişkilendirilmesini amaçlar. Radyogenomik ise bu verilerin genetik ve moleküler biyoloji bulguları ile bütünleştirilmesidir (Lambin et al., 2017).

Bu sayede, örneğin akciğer kanseri görüntülerinden tümörün genetik mutasyon profili öngörüleabilmekte, tedaviye yanıtın önceden tahmin edilmesi mümkün olmaktadır. Böylece radyoloji, yalnızca görüntülerin yorumlandığı bir alan olmaktan çıkarak, **kışıselleştirilmiş tıbbın en önemli bileşenlerinden biri** hâline gelmektedir.

6.3. Fonksiyonel ve Moleküler Görüntüleme

Morfolojik görüntüleme yöntemlerinin yanı sıra, fonksiyonel ve moleküler görüntüleme de hızla gelişmektedir. Fonksiyonel MR (fMR), beyin aktivitelerinin haritalanmasında nöroloji ve psikiyatri alanında devrim yaratmıştır. Difüzyon tensör görüntüleme (DTI), beyindeki ak madde yollarının görüntülenmesini sağlamış ve nöroşirürjide cerrahi planlamanın önemli bir parçası hâline gelmiştir (Mukherjee et al., 2008).

Moleküler görüntüleme ise PET ve SPECT gibi yöntemlerle hücresel düzeyde metabolik süreçlerin incelenmesine olanak tanır. FDG-PET, onkolojide tümör evreleme ve tedavi yanıt değerlendirmede standart yöntem hâline gelmiştir. Gelecekte yeni radyoizotoplar ve hedefe yönelik moleküllerin geliştirilmesiyle, tümör biyolojisi daha ayrıntılı olarak ortaya konabilecek ve **biyobelirteç temelli görüntüleme** klinik pratiğe entegre edilecektir (Mankoff, 2017).

6.4. Tele-Radyoloji ve Dijitalleşme

Görüntüleme cihazlarının yaygınlaşması ve dijital altyapıların gelişmesi, **tele-radyoloji** kavramını ön plana çıkarmıştır. Tele-radyoloji, görüntülerin internet üzerinden uzaktaki merkezlere aktarılması ve uzman radyologlar tarafından raporlanmasını mümkün kılar. Bu yöntem özellikle kırsal bölgelerde sağlık hizmetlerine erişimi artırmakta, 7/24 kesintisiz radyoloji desteği sağlamaktadır (Krupinski & Weinstein, 2014).

Ayrıca, **yapay zekâ ile entegre tele-radyoloji** sistemlerinin, acil durumlarda hızlı ön raporlar oluşturmaya, sağlık hizmetinin verimliliğini daha da artıracaktır. Bu yönüyle dijitalleşme, gelecekte radyolojiyi sınırların ötesinde bir hizmet hâline getirecektir.

6.5. Eğitim ve Simülasyon Teknolojileri

Radyoloji eğitimi de teknolojiyle dönüşmektedir. **Sanal gerçeklik (VR)** ve **artırılmış gerçeklik (AR)** tabanlı simülasyonlar, öğrencilere ve asistanlara üç boyutlu anatomik yapıları interaktif şekilde öğretmektedir. Ayrıca simülasyon tabanlı eğitim, girişimsel radyoloji işlemlerinin risksiz bir ortamda öğrenilmesine olanak tanımaktadır (Brady et al., 2020).

Dijital platformlar sayesinde öğrenciler, farklı hasta senaryoları üzerinde pratik yapabilmekte ve klinik karar süreçlerini deneyimleyebilmektedir. Bu gelişmeler, radyoloji eğitiminde klasik modelden **teknoloji tabanlı modern modele** geçişin habercisidir.

6.6. Etik ve Hukuki Boyutlar

Teknolojinin hızla gelişmesi beraberinde yeni etik ve hukuki sorunları da gündeme getirmektedir. Yapay zekâ algoritmalarının karar verme sürecindeki rolü, hatalı tanımlardan doğabilecek hukuki sorumlulukları tartışmalı hâle getirmiştir. Ayrıca büyük veri tabanlarında hasta görüntülerinin depolanması, mahremiyet ve veri güvenliği açısından yeni düzenlemeler gerektirmektedir (European Society of Radiology, 2019).

Geleceğin radyolojisinde etik ilkeler, hasta güvenliği ve veri gizliliğini korumakla birlikte, yapay zekâ ile insan faktörünün nasıl dengeleneceğini de tanımlamak zorunda kalacaktır.

Sonuç

Radyoloji, sağlık bilimlerinin kuramsal temelleri ile uygulamalı klinik bilgilerini bütünleştiren, modern tıbbın en dinamik alanlarından biridir. Tarihsel olarak X-ışınlarının keşfi ile başlayan bu disiplin, günümüzde bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme, ultrasonografi ve nükleer tıp uygulamalarıyla geniş bir spektrumda tanısal ve terapötik katkılar sunmaktadır.

Kuramsal düzeyde radyoloji, fizik, biyomedikal mühendislik ve moleküler biyoloji gibi disiplinlerin ilkeleri üzerine inşa edilmiştir. Bu bilimsel zemin, sağlık bilimleri öğrencilerinin anatomi, patoloji ve biyofizik bilgisini daha fonksiyonel hâle getirirken, klinik uygulamalarda doğru yöntem seçimine rehberlik etmektedir. Klinik süreçlerde ise radyoloji, tanıdan evrelemeye, tedavi planlamasından tedaviye yanıtın izlenmesine kadar her basamakta belirleyici bir rol oynamaktadır.

Radyolojik rehberlik ve girişimsel uygulamalar, disiplini yalnızca görüntüleme sınırlarından çıkarak doğrudan tedaviye katkı sunan bir alan hâline taşımıştır. Minimal invaziv tekniklerin yaygınlaşması, cerrahiye alternatif veya tamamlayıcı yöntemler sunarak hasta güvenliğini artırmıştır. Bununla birlikte, radyasyon güvenliği ve etik ilkeler, radyolojinin sorumluluk alanlarını şekillendiren vazgeçilmez unsurlardır. ALARA prensibi, pediatrik ve gebelik popülasyonunda koruyucu yaklaşımlar, bilgilendirilmiş onam ve hasta mahremiyeti, bu disiplinin etik omurgasını oluşturmaktadır.

Geleceğe bakıldığında, yapay zekâ destekli görüntüleme analizleri, fonksiyonel ve moleküler görüntüleme teknikleri, radyogenomik uygulamaları ve simülasyon tabanlı eğitim modelleri, radyolojiyi kişiselleştirilmiş tıbbın merkezine taşımaktadır. Bu gelişmeler, yalnızca tanısal doğruluğu artırmakla

kalmayacak, aynı zamanda multidisipliner klinik karar süreçlerinde radyolojinin vazgeçilmez rolünü daha da güçlendirecektir.

Sonuç olarak, radyoloji hem kuramsal bilgi ile klinik uygulamaları bütünleştiren, hem de geleceğe yön veren yenilikçi yaklaşımlarıyla sağlık bilimlerinin merkezinde yer almaktadır. Bu nedenle, sağlık bilimleri alanında eğitim gören her öğrenci ve klinik pratiğe yönelen her hekim için radyolojik bilgi, yalnızca yardımcı değil, temel bir bileşen olarak kabul edilmelidir.

Kaynakça

- Brink, J. A., & Miller, D. L. (2017). U.S. medical imaging: Understanding its rapid rise and the corresponding role of radiology. *Radiology*, 285(3), 690–692. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017171286>
- European Society of Radiology (ESR). (2019). The role of radiology in multi-disciplinary cancer management: Results from the ESR survey. *Insights into Imaging*, 10(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s13244-019-0789-2>
- Hricak, H., Abdel-Wahab, M., Atun, R., Lette, M. M., Paez, D., & Brink, J. A. (2021). Medical imaging and nuclear medicine: A Lancet Oncology Commission. *The Lancet Oncology*, 22(4), e136–e172. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(20\)30751-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30751-8)
- Secram, E. (2019). *Computed tomography: Physical principles, clinical applications, and quality control* (4th ed.). St. Louis, MO: Elsevier.
- Brenner, D. J., & Hall, E. J. (2007). Computed tomography—An increasing source of radiation exposure. *New England Journal of Medicine*, 357(22), 2277–2284. <https://doi.org/10.1056/NEJMra072149>
- Brown, M. A., & Semelka, R. C. (2019). *MRI: Basic principles and applications* (5th ed.). Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2012). *The essential physics of medical imaging* (3rd ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Kalra, M. K., Maher, M. M., Rizzo, S., Kanarek, D., & Shepard, J. A. (2004). Radiation exposure from chest CT: Issues and strategies. *Journal of Korean Medical Science*, 19(2), 159–166. <https://doi.org/10.3346/jkms.2004.19.2.159>
- Nelson, T. R., & Pretorius, D. H. (2020). Three-dimensional ultrasound imaging. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 46(1), 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2019.09.005>
- Townsend, D. W. (2020). Combined PET/CT: The historical perspective. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 41(6), 471–478. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2020.07.007>
- Bhosale, P. R., Javitt, M. C., Atri, M., & Reinhold, C. (2020). Magnetic resonance imaging for surgical planning in hepatobiliary and pancreatic diseases. *Radiology*, 295(1), 32–47. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020192438>
- Budoff, M. J., Young, R., Burke, G., Shaw, L. J., Liu, K., Kronmal, R., ... Lima, J. A. C. (2018). Ten-year association of coronary artery calcium with atherosclerotic cardiovascular disease events. *Journal of the American College of Cardiology*, 72(10), 957–966. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.027>

- Choi, H., Varghese, B. A., & Cen, S. Y. (2018). Role of imaging in staging and response assessment of cancer. *Seminars in Nuclear Medicine*, 48(1), 16–30. <https://doi.org/10.1053/j.semnucmed.2017.09.003>
- Eisenhauer, E. A., Therasse, P., Bogaerts, J., Schwartz, L. H., Sargent, D., Ford, R., ... Verweij, J. (2009). New response evaluation criteria in solid tumours: Revised RECIST guideline (version 1.1). *European Journal of Cancer*, 45(2), 228–247. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2008.10.026>
- Gregoire, V., Guckenberger, M., Haustermans, K., Lagendijk, J. J. W., Ménard, C., & Pötter, R. (2018). Image-guided radiotherapy: New standards for individualized treatment. *The Lancet Oncology*, 19(4), e240–e251. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(18\)30048-3](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(18)30048-3)
- Lambin, P., Leijenaar, R. T. H., Deist, T. M., Peerlings, J., de Jong, E. E. C., van Timmeren, J., ... Aerts, H. J. W. L. (2017). Radiomics: The bridge between medical imaging and personalized medicine. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 14(12), 749–762. <https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2017.141>
- National Lung Screening Trial Research Team. (2011). Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *New England Journal of Medicine*, 365(5), 395–409. <https://doi.org/10.1056/NEJMoal102873>
- Powers, W. J., Rabinstein, A. A., Ackerson, T., Adeoye, O. M., Bambakidis, N. C., Becker, K., ... Yonas, H. (2019). 2018 Guidelines for the early management of acute ischemic stroke. *Stroke*, 50(12), e344–e418. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000211>
- Sardanelli, F., Hunink, M. G. M., Gilbert, F. J., Di Leo, G., Krestin, G. P., & European Society of Radiology (ESR). (2017). Evidence-based radiology: Why and how? *European Radiology*, 27(1), 193–201. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4396-0>
- Baerlocher, M. O., Asch, M. R., Myers, A., & Liu, D. M. (2018). Interventional radiology: From diagnosis to treatment. *CMAJ*, 190(9), E258–E263. <https://doi.org/10.1503/cmaj.170744>
- Finlayson, R. J., O'Connor, P. J., & Stone, J. H. (2019). Musculoskeletal ultrasound-guided interventions: A review of applications in pain medicine. *Pain Physician*, 22(5), 451–460.
- Gupta, S., Wallace, M. J., Cardella, J. F., & Kundu, S. (2011). Quality improvement guidelines for percutaneous needle biopsy. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, 22(4), 531–535. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2010.12.011>
- Habibollahi, P., Hwang, G. L., & Thrall, J. H. (2020). Interventional radiology in the era of value-based care: Challenges and opportunities. *Academic Radiology*, 27(9), 1262–1268. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.10.021>

- Llovet, J. M., Real, M. I., Montaña, X., Planas, R., Coll, S., Aponte, J., ... Bruix, J. (2016). Arterial embolisation or chemoembolisation versus symptomatic treatment in patients with unresectable hepatocellular carcinoma: A randomised controlled trial. *The Lancet*, 359(9319), 1734–1739. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)08649-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)08649-X)
- Frija, G., Damilakis, J., & Paulo, G. (2021). Patient radiation protection in diagnostic radiology: European and global perspectives. *European Radiology*, 31(2), 1036–1043. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-07157-y>
- Mauro, M. A., Murphy, K. P., Thomson, K. R., & Venbrux, A. C. (2014). *Image-guided interventions* (2nd ed.). Philadelphia, PA: Saunders.
- Mettler, F. A., Huda, W., Yoshizumi, T. T., & Mahesh, M. (2008). Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: A catalog. *Radiology*, 248(1), 254–263. <https://doi.org/10.1148/radiol.2481071451>
- Pearce, M. S., Salotti, J. A., Little, M. P., McHugh, K., Lee, C., Kim, K. P., ... Berrington de González, A. (2012). Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: A retrospective cohort study. *The Lancet*, 380(9840), 499–505. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60815-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60815-0)
- Rehani, M. M., Vano, E., Ciraj-Bjelac, O., & Kleiman, N. J. (2014). Radiation and cataract. *Radiology*, 273(2), 360–370. <https://doi.org/10.1148/radiol.14132501>
- Brady, A. P., Bello, J. A., Derchi, L. E., & Mortelet, K. J. (2020). Radiology education: The evolving role of technology. *European Radiology*, 30(9), 4871–4877. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06876-6>
- European Society of Radiology (ESR). (2019). ESR statement on the ethics of artificial intelligence in radiology. *European Radiology*, 29(8), 3891–3897. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06219-9>
- Kelly, C. J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M., Corrado, G., & King, D. (2019). Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC Medicine*, 17(1), 195. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1426-2>
- Krupinski, E. A., & Weinstein, R. S. (2014). Telemedicine in an academic center—The Arizona telemedicine program: A 20-year review. *Telemedicine and e-Health*, 20(10), 835–839. <https://doi.org/10.1089/tmj.2014.0012>
- Mankoff, D. A. (2017). Molecular imaging in cancer management. *Seminars in Nuclear Medicine*, 47(6), 505–514. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2017.06.002>
- McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N., Ashrafian, H., ... Shetty, S. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577(7788), 89–94. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1799-6>

- Mukherjee, P., Berman, J. I., Chung, S. W., Hess, C. P., & Henry, R. G. (2008). Diffusion tensor MR imaging and fiber tractography: Theoretic underpinnings, applications, and limitations. *Radiology*, 246(2), 578–597. <https://doi.org/10.1148/radiol.2462070718>
- Thrall, J. H. (2018). Artificial intelligence and machine learning in radiology: Opportunities, challenges, pitfalls, and criteria for success. *Journal of the American College of Radiology*, 15(3), 504–508. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2017.12.026>
- Kauvar, D. S., & Wade, C. E. (2005). The epidemiology and modern management of traumatic hemorrhage: US and international perspectives. *Critical Care*, 9(5), S1–S9. <https://doi.org/10.1186/cc3779>

Ortodontide Biyomekanik Yenilikler: Mini-İmplantlar

Ömer Faruk Sarı¹

Özet

Ortodontik tedavilerde ankraj kontrolü, öngörülebilir ve stabil sonuçlar için kritik öneme sahiptir. Geleneksel yöntemlerin sınırlılıkları, geçici ankraj aygıtlarını (TAD) modern ortodontide vazgeçilmez hale getirmiştir. Mini-implantlar; kolay yerleştirilebilirlik, düşük maliyet, yüksek başarı oranı ve hasta kooperasyonuna bağımlı olmadan kuvvet aktarımı gibi avantajlar sunmaktadır. Titanyum alaşımlı yapıları ve farklı tasarım seçenekleri, primer stabiliteyi artırarak anterior retraksiyon, molar distalizasyon, posterior intrüzyon ve transversal düzeltme gibi kompleks hareketlerin güvenle uygulanmasına olanak tanır. Ayrıca ortognatik cerrahi öncesi hazırlık ve çekimli tedavilerde etkin ankraj sağlamaktadır.

Son yıllarda dijital planlama, CAD/CAM destekli cerrahi rehberler, yapay zekâ tabanlı öngörü sistemleri ve nanoteknolojik yüzey modifikasyonları, mini-implantların biyomekanik başarısını artıran yenilikler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, uzun dönem stabilite, radyasyon maruziyeti ve komplikasyon yönetimi gibi konular klinik ve etik sınırlılıkları gündeme getirmektedir.

Sonuç olarak, mini-implantlar hem klinik etkinlik hem de biyomekanik kontrol açısından çağdaş ortodonti pratiğinde altın standart bir ankraj seçeneği olarak değerlendirilmektedir. Gelecek araştırmalar, uzun dönem sonuçların güçlendirilmesi, nanoteknoloji ve yapay zekâ entegrasyonunun optimize edilmesi ve hasta güvenliğini artıracak yeni protokollerin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmalıdır.

1 Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Medipol Üniversitesi, omer.sari@ankaramedipol.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-0086-8232

1.Giriş

Ortodontik tedavide ankraj kontrolü, istenmeyen diş hareketlerini engellemek ve öngörülebilir sonuçlar elde etmek için temel bir biyomekanik gerekliliktir. Geleneksel ankraj yöntemleri (ekstraoral headgear, intraoral elastikler, transpalatal arklar vb.) hastanın iş birliğine bağımlı olmaları ve kuvvet iletiminde sınırlı stabilite sunmaları nedeniyle çoğu zaman yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle son yıllarda geçici ankraj aygıtları ortodontide devrim niteliğinde bir alternatif olarak öne çıkmıştır (1).

TAD'ler; minivida, mikroimplant veya miniplak formunda kemik içine mekanik retansiyonla yerleşen ve osseointegrasyon gerektirmeyen cihazlardır (2). Literatürde TAD'lerin kısa cerrahi süre, düşük maliyet, geniş uygulama alanı ve hastadan bağımsız kuvvet aktarımı gibi avantajlar sunduğu vurgulanmaktadır (1). Retrospektif çok merkezli klinik serilerde farklı mini vida ve mini plak sistemlerinin başarı oranlarının %90'ın üzerinde olduğu bildirilmiştir (2). Özellikle minivida ve mikroimplantlar, düşük çapları ve kendinden delici tasarımları sayesinde hemen yükleme imkânı ve yüksek primer stabilite sağlayarak biyomekanik çeşitliliği artırmaktadır. Son on yılda TAD'lerle ilgili yayın ve atıf sayısının belirgin biçimde arttığı, konunun bilimsel öneminin giderek yükseldiği gösterilmiştir (3). Tarihsel açıdan bakıldığında, 1945 yılında Gainsforth ve Higley'in ortodontide implant kullanımını ilk kez tanımlamasından günümüze kadar mini-implant sistemleri önemli bir evrim geçirmiş ve modern ortodontide vazgeçilmez bir biyomekanik araç haline gelmiştir (4). Güncel derlemeler, mini-implantların yerleştirme basitliği, hemen yükleme imkânı ve mutlak ankraj sağlama özellikleriyle özellikle yüksek ankraj gerektiren olgularda öne çıktığını ortaya koymaktadır (3,4). Bu bulgular, mini-implant ve mini-plakların ortodontik biyomekanikçe kazandırdığı yeni olanakların hem klinik uygulamalar hem de ileri araştırmalar açısından kritik bir gelişim alanı olduğunu göstermektedir.

2. Mini-implantların Tasarımı ve Biyomekanik Temeller

Ortodontik mini-implantlar çoğunlukla titanyum veya titanyum alaşımından üretilir ve bu materyallerin yüksek biyouyumluluk ile korozyon direnci sayesinde uzun dönemli stabilite sağladığı bildirilmiştir (5). Titanyum alaşımları (örneğin Ti-6Al-4V) saf titanyuma göre daha yüksek mekanik dayanım sunarak küçük çaplı implantlarda kırılma riskini azaltır, ancak yoğun kortikal kemik bölgelerinde pilot delik açılmasını gerektirebilir (5). Paslanmaz çelik implantlar ise daha kolay penetrasyon ve yüksek mekanik dayanım sağlasa da korozyon direnci titanyuma göre daha düşüktür (5). Yüzey pürüzlendirme ve anodizasyon gibi işlemler, implant-kemik arasındaki

mekanik kilitlenmeyi artırarak primer stabiliteyi destekler ve mikrorötreği azaltır (6).

Mini-implantların çap ve uzunluğu, yerleştirileceği anatomik bölgeye göre seçilir. İnterradiküler bölgelerde 1.2–2.0 mm çap ve 6–10 mm uzunluk önerilirken, palatal veya dişsiz kret bölgelerinde daha geniş ve uzun vidalar tercih edilmektedir (6). Daha büyük çap ve uzunluk primer stabiliteyi artırırsa da kök hasarı riskini yükseltebilir (6). Konik vidalar yerleştirme sırasında kemiği sıkıştırarak stabiliteyi güçlendirirken, silindirik dizaynlar düşük tork ihtiyacı sayesinde ince kortikal bölgelerde avantaj sağlar (6).

Başarılı bir uygulamada primer stabilite, mekanik retansiyona dayanır ve osseointegrasyon gerektirmez (7). Kortikal kemik kalınlığı, insersiyon torku ve insersiyon açısı en önemli belirleyicilerdir. Yoğun kortikal kemik primer stabiliteyi artırırken, aşırı tork (>20 Ncm) implant başında fraktür riskini artırabilir (7). Tsai ve ark. tarafından yapılan prospektif bir çalışmada 254 mini-implantın 1 yıllık sağkalım oranı %81.6 olarak bulunmuş ve her 1 yıllık yaş artışının başarısızlık riskini %5 oranında artırdığı bildirilmiştir (9). Aynı çalışmada implant boyunun da sağkalım süresiyle pozitif ilişki gösterdiği belirtilmiştir (9).

Finite element analysis (FEA) çalışmalarında, kortikal kemik kalınlığının artmasının implant çevresindeki maksimum stresi azalttığı ve insersiyon açısının stres dağılımını anlamlı biçimde etkilediği gösterilmiştir (8). Primer deplasman genellikle 0.5 mm'nin altında olup klinik olarak anlamlı seviyeye ulaşmazken, uzun dönemli sekonder deplasman 0–2.7 mm arasında bildirilmiştir (8). Bu bulgular, mini-implant planlamasında üç boyutlu görüntüleme ve FEA analizlerinin, kuvvet yönü ve implant yerleşimi açısından güvenliği artırabileceğini ortaya koymaktadır (8).

3. Uygulama Alanları ve Tedavi Protokolleri

Geçici ankraj aygıtları, özellikle Sınıf II maloklüzyonların tedavisinde üst molar distalizasyonu ve anterior segmentin retraksiyonu için yüksek stabilite sağlayarak kamuflej yaklaşımına olanak tanır (10). Mini-implant destekli distalizasyon mekanikleri, hasta kooperasyonuna bağımlılığı azaltırken molar ve kesici dişlerin istenmeyen hareketlerini minimuma indirir (10,11). Sınıf III olgularda ise maksiller protraksiyon veya mandibular posterior segmentin distalizasyonu için TAD kullanımı, geleneksel maskeler veya fonksiyonel apareylerle kombine edilerek iskeletsel etkileri artırabilir (11,12). Bu yöntem, özellikle cerrahi istemeyen erişkin hastalarda kamuflej amacıyla mandibular kesici retraksiyonu ve maksiller ileri hareketi desteklemek için tercih edilmektedir (12).

Posterior dişlerin intrüzyonu, açık kapanış tedavisinde TAD uygulamalarının en önemli endikasyonlarından biridir (10). Mini-implantlar, molar intrüzyonu ile mandibular düzlemin saat yönünde rotasyonunu sağlayarak anterior açık kapanışın kapanmasına katkıda bulunur (11). Nanda ve Tosun'un biyomekanik prensipleri üzerine yaptığı çalışmalar, segmental arklar ve hafif sürekli kuvvetlerin posterior intrüzyon sırasında periodontal dokular üzerindeki olumsuz etkileri azaltmada kritik rol oynadığını göstermektedir (12,13). Ayrıca anterior bölgedeki kesici intrüzyonu için de palatal veya bukkolingual yerleştirilen mini-implantlar güvenli ankraj sunar (13).

Mini-implantlar, segmental genişletme ve asimetrik kuvvet sistemlerinin uygulanmasında da etkilidir. Tek taraflı çapraz kapanış gibi asimetrik vakalarda unilateral mini-implant destekli ekspansiyon, geleneksel apaceylere göre daha kontrollü bir transversal düzeltme olanağı sağlar (11,13). FEA tabanlı analizler, bu tür asimetrik kuvvet sistemlerinin kemik ve periodontal dokularda daha homojen stres dağılımı oluşturduğunu ortaya koymuştur (12).

Ortognatik cerrahi öncesi hazırlık aşamasında, segmental diş hareketlerinin hızlı ve öngörülebilir biçimde gerçekleştirilmesi için mini-implant destekli mekanikler tercih edilir (10,11). Ayrıca gömülü diş çekimlerinde veya sürdürülmesi gereken ankrajın kritik olduğu çekimli tedavilerde, mini-implantlar çekim boşluğuna komşu dişlerin istenmeyen hareketlerini engelleyerek kuvvet aktarımını kolaylaştırır (12,13). Son yıllarda yapılan derlemeler, TAD destekli cerrahi hazırlık protokollerinin hem tedavi süresini kısalttığını hem de postoperatif stabiliteyi artırdığını göstermektedir (13).

4. Klinik Prosedür ve Teknik İpuçları

Mini-implant uygulaması öncesi ayrıntılı sistemik değerlendirme ve medikal anamnez alınması, komplikasyon riskini azaltmak açısından kritik önem taşır (14). Diyabet, osteoporoz, sigara kullanımı ve immün yetmezlik gibi faktörler primer stabiliteyi ve iyileşmeyi olumsuz etkileyebilir. Klinik muayeneye ek olarak panoramik radyografi ve CBCT değerlendirmesi, kemik kalınlığı ve kök konumlarının üç boyutlu olarak belirlenmesini sağlar ve güvenli yerleşim bölgelerinin seçimini kolaylaştırır (15).

Mini-implant insersiyonu genellikle infiltratif lokal anestezi altında yapılır. Yoğun kortikal kemik veya palatal bölge yerleşimlerinde ise rejonel blok anestezisi de tercih edilebilir (16). Güncel literatür, CBCT ile planlanmış ve cerrahi rehber eşliğinde yapılan uygulamaların kök hasarı ve sinüs perforasyonu riskini anlamlı biçimde azalttığını bildirmektedir (15,17).

Üç boyutlu dijital modellerin CBCT ile entegrasyonu, implant açısını ve derinliğini önceden simüle ederek uygulama güvenliğini artırır (17).

Primer stabilite için önerilen insersiyon açısı genellikle 30° – 40° olup, köklerle teması azaltırken kortikal temas yüzeyini artırır (14,18). Tork değeri çoğu çalışma tarafından 5–10 Ncm aralığında önerilmektedir; 20 Ncm üzerindeki değerler implant başında fraktür riskini artırabilir (18). Drill-free (ön delme gerektirmeyen) vidalar, self-tapping vidalara göre daha kısa operasyon süresi ve daha az termal hasar sağlarken yüksek tork değerlerinden kaçınmak için dikkatli yerleştirme gerektirir (18).

Mini-implantların osseointegrasyon yerine mekanik retansiyona dayanması nedeniyle immediate loading (hemen yükleme) çoğu olguda güvenle uygulanabilmektedir (14). Randomize klinik çalışmalar, yerleştirme sonrası 24 saat içinde 150–200 g'lık ortodontik kuvvet uygulanmasının sağkalım oranlarını olumsuz etkilemediğini göstermiştir (18). Ancak yüksek yoğunluklu kortikal kemik bölgelerinde veya düşük primer stabilite saptanan olgularda gecikmeli yükleme önerilebilir (16).

En sık görülen komplikasyonlar gevşeme, kırık ve yumuşak doku irritasyonudur (18). Gevşeme genellikle yetersiz primer stabilite, düşük kortikal kemik kalınlığı veya aşırı ortodontik kuvvetten kaynaklanır; bu durumda implantın yeniden konumlandırılması gerekir (18). Kırık riski, özellikle yüksek tork uygulanan dar çaplı vidalarda artmaktadır. Yumuşak doku irritasyonunu önlemek için peri-implant mukozanın düzenli temizliği ve hastaya ayrıntılı ağız hijyeni eğitimi verilmelidir (16,18).

5. Biyomekanik Avantajlar ve Karşılaştırmalar

TAD destekli mekanikler; hasta kooperasyonuna bağımlılığı azaltır, kuvvetlerin doğrudan ve sürekli aktarımına izin verir ve istenmeyen karşı-reaksiyonları en aza indirir. Buna karşılık Nance, lingual/transpalatal ark ve intermaksiller elastikler, hedef diş hareketiyle birlikte segmentler arası istenmeyen moment ve kuvvet bileşenleri üretir; çoğu zaman ekstrüzyon, rotasyon ve oklüzal düzlemde kant gibi yan etkiler görülür (19). Özellikle elastiklerin tek başına veya tek taraflı kullanımlarında oklüzal düzlemde roll/pitch ekseninde istenmeyen rotasyon eğilimi belirgindir; bu etkilerin kontrolü için kalın dikdörtgen ark telleri, “sliding jig” ve/veya iskelet ankrajı önerilir (20).

Segmental/cantilever tabanlı biyomekanikler ile moment/kuvvet oranı hedefe göre ayarlanabilir; tek diş veya segment üç düzlemde (sagittal, vertikal, transversal) ayrı ayrı veya kombine yönlendirilebilir. Transpalatal/lingual ark ile tek taraflı tip-back-tip-forward kombinasyonları, asimetri ve

unilateral çapraz kapanış düzeltiminde yan etkileri minimize edecek şekilde tasarlanabilir (19). Dijital planlama ve kişiselleştirilmiş apareyler; CBCT + dijital model füzyonu, sanal set-up ve CAD/CAM üretim sayesinde kuvvet hattını, uygulama noktasını ve ankraj tasarımını önceden optimize etmeye imkân tanır (21). Böylece kuvvet vektörleri, diş/segment direnç merkezlerine göre planlanarak istenmeyen momentler azaltılır (19, 20).

Kooperasyon gerektiren elastiklerde kullanım süresi/şiddeti değişkenliği, sonuçların öngörülebilirliğini azaltır ve oklüzal düzlem rotasyonu, insisiv proklinasyonu/uprighting'i gibi yan etkilerle tedaviyi uzatabilir (21). TAD destekli uygulamalar; hemen yükleme ve direkt/indirekt ankraj konfigürasyonlarıyla mekanik verimliliği artırır, retrosesyon/ distalizasyon/ intrüzyon gibi hareketleri daha öngörülebilir hale getirir; çoğu durumda daha kısa aktif tedavi fazı ve daha düşük randevu sayısı ile hasta konforunu yükseltir (19, 20, 21).

İntermaksiller elastiklerin AP/vertikal/transversal endikasyonlarındaki etkileri ve yan etkilerinin kontrolü ayrıntılı olarak derlenmiştir; klinik uygulamada çelik dikdörtgen teller, tork ayarlamaları ve yardımcı düzeneklerin yan etkileri azalttığı vurgulanır; kooperasyon ihtiyacı nedeniyle elastiklerin bazı olgularda iskelet ankrajıyla ikame edilmesi önerilir (21). Asimetrielerin biyomekanik düzeltiminde segmental/cantilever yaklaşımlarının, konvansiyonel interark elastiklere kıyasla daha az yan etki ile daha hedefe yönelik kuvvet sistemleri sağladığı gösterilmiştir (19). Dijital planlama ve kişiselleştirilmiş aygıtlar üzerine yayınlanan derleme/kitap bölümü, 3B görüntü füzyonu ve özel tasarım ile biyomekanik kontrolün ve öngörü gücünün arttığını vurgular (20).

6. Yeni Nesil Yaklaşımlar ve Gelecek Perspektifi

Gelişen dijital planlama ve CAD/CAM teknolojileri, mini-implant yerleşiminde klasik iki boyutlu ölçüm ve rehberlerin ötesine geçerek üç boyutlu hassasiyet sağlamaktadır (22). CBCT ve dijital modellerin entegrasyonu, implantın ideal insersiyon açısını ve derinliğini milimetrik doğrulukla belirleyebilmekte; cerrahi rehberlerin CAD/CAM ile üretilmesi, kök perforasyonu ve sinüs komplikasyonlarını anlamlı biçimde azaltmaktadır (22). Randomize kontrollü çalışmalar, bu tür dijital rehberlerin hem operasyon süresini kısalttığını hem de primer stabilizeyi artırarak erken yükleme başarısını desteklediğini göstermektedir (23).

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmaları, CBCT ve dijital model verilerini kullanarak en uygun mini-implant yerleşim bölgelerini otomatik olarak öngörebilecek düzeye ulaşmıştır (22). Derin öğrenme tabanlı

sistemler, kemik yoğunluğu, kortikal kalınlık ve kök morfolojisi gibi çoklu parametreleri analiz ederek hekime alternatif yerleşim önerileri sunmakta; klinisyen kararına destek olarak komplikasyon riskini azaltmaktadır (22). Bu yaklaşımlar, klinik planlama süresini kısaltırken operatör bağımlılığını da azaltmaktadır.

Yeni nesil mini-implantlarda kullanılan nanoteknolojik yüzey modifikasyonları ve biyomalzemeler hem mekanik dayanımı hem de biyouyumu artırmaya odaklanmıştır (24). Nanopürüzlendirme, hidroksiapatit kaplama ve biyomimetik polimerlerle yapılan yüzey işlemleri; implant-kemik arayüzünde hücrel adezyonu güçlendirerek primer stabiliteyi desteklerken, yumuşak doku irritasyonunu da azaltabilmektedir (24). Hayvan deneyleri ve erken klinik çalışmalar, nanoyüzeylerin erken yükleme protokollerinde geleneksel titanyum yüzeylere göre daha yüksek başarı oranı sunduğunu göstermektedir (24).

Ortodontik mini-implant yerleşiminde robotik kılavuzlu cerrahi ve otomatik insersiyon sistemleri, özellikle dar anatomik bölgelerde insan elinin sınırlarını aşan bir hassasiyet sunmaktadır (23). Bu sistemler, dijital planlama ile entegre çalışarak implantın önceden belirlenmiş açı ve derinlikte konumlandırılmasına olanak verir. Pilot çalışmalar, robotik sistemlerin operasyon süresini kısalttığını ve yerleşim hatalarını minimize ettiğini bildirmektedir (23).

7. Sınırlılıklar ve Etik Hususlar

Ortodontik mini-implantlar ile ilgili klinik literatürün büyük bölümü kısa ve orta dönem gözlemlere dayanmaktadır. Mevcut sistematik derlemeler, uzun dönem sağ kalım ve stabilite verilerinin yetersiz olduğunu ve özellikle farklı yükleme protokollerinin (immediate vs. delayed) uzun dönem sonuçlarının henüz netleşmediğini vurgulamaktadır (25). Kortikal kemik kalınlığı, insersiyon torku ve biyolojik yanıt gibi primer stabilite parametrelerinin, uzun dönem başarıyla nasıl ilişkili olduğuna dair yüksek kanıt düzeyinde veriler sınırlıdır (26). Bu durum, klinik rehberlerin kanıt temelli güncellenmesini güçleştirmektedir.

Mini-implant yerleşiminde CBCT ile üç boyutlu planlama, kök ve anatomik yapılar arasındaki güvenli mesafeyi saptamada altın standart olarak kabul edilse de, özellikle genç bireylerde radyasyon maruziyeti etik bir tartışma konusudur (25,27). Avrupa Radyoloji Kılavuzları, mini-implant planlamasında CBCT endikasyonunun yalnızca iki boyutlu görüntülerin yetersiz olduğu olgularla sınırlandırılmasını önermektedir (25). Klinik karar

verirken elde edilecek biyomekanik avantajlar ile hastanın maruz kalacağı radyasyon dozu arasındaki denge göz önünde bulundurulmalıdır (27).

Mini-implant uygulamaları; gevşeme, kırık, sinir hasarı, kök perforasyonu ve yumuşak doku irritasyonu gibi komplikasyon riskleri taşır. Bu nedenle işlem öncesi hastadan ayrıntılı aydınlatılmış onam alınması hem hukuki hem de etik bir zorunluluktur (26). Komplikasyon geliştiğinde hekimin şeffaf bilgilendirme yapması, tedavi seçeneklerini paylaşması ve gerektiğinde multidisipliner konsültasyon sağlaması etik yaklaşımın temelini oluşturur (26,27). Ayrıca kuvvet miktarı ve aktivasyon sıklığı gibi biyomekanik parametrelerin etik sınırlar içinde belirlenmesi, periodontal ve alveolar doku sağlığının korunması açısından kritik önem taşır (25,27).

8. Sonuç ve Klinik Öneriler

Ortodontik mini-implantlar, ankraj kontrolü, kuvvet vektörlerinin üç boyutlu yönetimi ve hasta kooperasyonuna bağımlılığın azaltılması gibi biyomekanik avantajları sayesinde modern ortodonti pratiğinin vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Titanyum alaşımlarının biyouyumlu yapısı ve dijital planlama ile desteklenen yerleşim protokolleri, primer stabiliteyi artırarak hem anterior retraksiyon hem molar distalizasyon, hem de posterior intrüzyon gibi kompleks diş hareketlerinin daha güvenli ve öngörülebilir biçimde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır.

Klinik olarak mini-implantlar; yüksek ankraj gerektiren Sınıf II ve Sınıf III maloklüzyonlar, anterior açık kapanış tedavileri, segmental transversal düzeltmeler, ortognatik cerrahi öncesi hazırlık ve çekimli tedavilerde ankraj korunumu gibi çok çeşitli olgu tiplerinde altın standart bir ankraj seçeneği olarak önerilmektedir. Bu olgularda hem tedavi süresinin kısalması hem de yan etkilerin azalması, konvansiyonel apaceylere kıyasla önemli klinik üstünlükler sağlamaktadır.

Gelecek araştırmaların, özellikle uzun dönem stabilite ve relaps oranları, farklı yükleme protokollerinin biyomekanik sonuçları, nanoteknoloji ile geliştirilen yüzeylerin doku yanıtları ve yapay zekâ destekli otomatik yerleşim sistemlerinin klinik başarısı üzerine odaklanması gerekmektedir. Ayrıca düşük radyasyonlu görüntüleme tekniklerinin geliştirilmesi ve etik sınırlar çerçevesinde yapay zekâ tabanlı planlama yazılımlarının klinik entegrasyonu, gelecekte mini-implantların daha güvenli ve hasta dostu hale gelmesine katkıda bulunacaktır.

Kaynakça

1. Takaki, T., Tamura, N., Yamamoto, M., Takano, N., Shibahara, T., Yasumura, T., Sueishi, K. (2010). Clinical study of temporary anchorage devices for orthodontic treatment. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 51(3), 151-163.
2. Jaramillo-Bedoya, D., Villegas-Giraldo, G., Agudelo-Suárez, A. A., & Ramírez-Ossa, D. M. (2022). A scoping review about the characteristics and success-failure rates of temporary anchorage devices in orthodontics. *Dentistry Journal*, 10(5), 78.
3. Ferrillo, M., Nucci, L., Gallo, V., Bruni, A., Montrella, R., Fortunato, L., Perillo, L. (2023). Temporary anchorage devices in orthodontics: a bibliometric analysis of the 50 most-cited articles from 2012 to 2022. *The Angle Orthodontist*, 93(5), 591-602.
4. Kalra, A., Jaggi, N., Jasoria, G., Shamim, W., Rathore, S., & Manchanda, M. (2014). Miniscrew implants as temporary anchorage devices in orthodontics: a comprehensive review. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(5), 993-999.
5. Hoste, S., Vercruyssen, M., Quirynen, M., & Willems, G. (2008). Risk factors and indications of orthodontic temporary anchorage devices: a literature review. *Australian Orthodontic Journal*, 24(2), 140-148.
6. Costello, B. J., Ruiz, R. L., Petrone, J., & Sohn, J. (2010). Temporary skeletal anchorage devices for orthodontics. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 22(1), 91-105.
7. Leo, M., Cerroni, L., Pasquantonio, G., Condò, S. G., & Condò, R. (2016). Temporary anchorage devices (TADs) in orthodontics: review of the factors that influence the clinical success rate of the mini-implants. *Clin Ter*, 167(3), e70-7.
8. Nienkemper, M., Handschel, J., & Drescher, D. (2014). Systematic review of mini-implant displacement under orthodontic loading. *International Journal of Oral Science*, 6(1), 1-6.
9. Tsai, C. C., Chang, H. P., Pan, C. Y., Chou, S. T., & Tseng, Y. C. (2016). A prospective study of factors associated with orthodontic mini-implant survival. *Journal of Oral Science*, 58(4), 515-521.
10. Kusya, R. P. (2000). Orthodontic biomechanics: vistas from the top of a new century. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 117(5), 589-591.
11. Nanda, R. S., & Tosun, Y. S. (2010). Biomechanics in orthodontics. *Principles and practice. Hanover Park IL: Quintessence Publishing Co*, 38-9.
12. Upadhyay, M., & Nanda, R. (2014). Biomechanics in orthodontics. *Esthet Biomech Orthod*, 152(1), 74-89.

13. Ghafari, J. G., Macari, A. T., Zeno, K. G., & Haddad, R. V. (2020). Potential and limitations of orthodontic biomechanics: recognizing the gaps between knowledge and practice. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 9(3), S31-S39.
14. Theodorou, C. I., Kuijpers-Jagtman, A. M., Bronkhorst, E. M., & Wagner, F. A. (2019). Optimal force magnitude for bodily orthodontic tooth movement with fixed appliances: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 156(5), 582-592.
15. Grayson, B. H., & Santiago, P. E. (1999, March). Treatment planning and biomechanics of distraction osteogenesis from an orthodontic perspective. In *Seminars in orthodontics* (Vol. 5, No. 1, pp. 9-24). WB Saunders.
16. Bianchi, J., Mendonca, G., Gillot, M., Oh, H., Park, J., Al Turkestani, N., Cevidane, L. (2022). Three-dimensional digital applications for implant space planning in orthodontics: A narrative review. *Journal of The World Federation of Orthodontists*, 11(6), 207-215.
17. Gupta, N., Kotrashetti, S. M., & Naik, V. (2012). A comparative clinical study between self tapping and drill free screws as a source of rigid orthodontic anchorage. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 11(1), 29-33.
18. Fiorelli, G., & Melsen, B. (2017). Biomechanics in orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 152, 134-135.
19. van Steenberg, E., & Nanda, R. (1995). Biomechanics of orthodontic correction of dental asymmetries. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 107(6), 618-624.
20. Breuning, K. H., & Kau, C. H. (Eds.). (2017). *Digital planning and custom orthodontic treatment*. John Wiley & Sons.
21. Farret, M. M. (2023). Orthodontic biomechanics with intermaxillary elastics. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 28, e23spe3.
22. Hou, D., Capote, R., Bayirli, B., Chan, D. C., & Huang, G. (2020). The effect of digital diagnostic setups on orthodontic treatment planning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 157(4), 542-549.
23. Canales, C., Larson, M., Grauer, D., Sheats, R., Stevens, C., & Ko, C. C. (2013). A novel biomechanical model assessing continuous orthodontic archwire activation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(2), 281-290.
24. Van Leeuwen, E. J., Kuijpers-Jagtman, A. M., Von den Hoff, J. W., Wagner, F. A. D. T. G., & Maltha, J. C. (2010). Rate of orthodontic tooth movement after changing the force magnitude: an experimental study in beagle dogs. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 13(4), 238-245.
25. Ren, Y., Maltha, J. C., Van't Hof, M. A., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2004). Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a

- mathematic model. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 125(1), 71-77.
26. Tepedino, M., Masedu, F., & Chimenti, C. (2017). Comparative evaluation of insertion torque and mechanical stability for self-tapping and self-drilling orthodontic miniscrews—an in vitro study. *Head & Face Medicine*, 13(1), 10.
 27. Feller, L., Khammissa, R. A. G., Schechter, I., Moodley, A., Thomadakis, G., & Lemmer, J. (2015). Periodontal biological events associated with orthodontic tooth movement: the biomechanics of the cytoskeleton and the extracellular matrix. *The Scientific World Journal*, 2015(1), 894123.

An Endodontist's Perspective on Vital Pulp Treatments

Fatma Selenay Uçaş-Yıldız¹

Kazım Kaan Yıldız²

Abstract

Vital pulp treatments (VPT) are minimally invasive approaches in endodontics that focus on the preservation of biological tissue. The aim of these methods is to maintain the natural structure and biomechanical durability of the tooth by maintaining the vitality of the pulp tissue. From the endodontist's perspective, success is closely related to correct diagnosis, appropriate material selection, patient compliance and regular follow-up processes.

VPT modalities include direct pulp cover, partial pulpotomy and full pulpotomy. Careful evaluation of indications and contraindications plays a decisive role in the clinical decision process. Protection of the pulp, especially in young permanent teeth, is critical for the completion of root development.

Nowadays, calcium silicate-based biomaterials, especially MTA, Biodentine and bioceramics, come to the forefront in VPT thanks to their high biocompatibility and dentin bridge formation capacity. Elimination of symptoms, preservation of periapical health and dentin bridge formation in clinical and radiographic follow-up are the main criteria for evaluating the success of treatment.

The advantages of VPT include preservation of the tooth structure, shorter procedure time and cost effectiveness. However, diagnostic uncertainties, control of pulp haemorrhage, material cost and patient compliance are the main difficulties encountered in practice.

In the future, new biomaterials, regenerative approaches and artificial intelligence-assisted diagnostic methods will increase the predictability and clinical success of VPT. In conclusion, VPT are becoming increasingly important in modern endodontics by offering a biologically based alternative to root canal treatment.

1 Necmettin Erbakan University, Faculty of Dentistry, ORCID: 0009-0008-2905-4594

2 Necmettin Erbakan University, Faculty of Dentistry, ORCID: 0009-0001-6954-0211

1.Introduction

VPT represent one of the most up-to-date and preventive approaches in endodontics. The aim of these treatments is to keep the pulp tissue alive and preserve its biological functions. Today, these methods, which can be an alternative to root canal treatment, are important in terms of ensuring the continuation of root development, maintaining the biomechanical durability of the tooth and increasing long-term treatment success, especially in young permanent teeth (Duncan et al., 2019).

From the endodontist's point of view, VPT require a meticulous approach not only to reduce invasive procedures but also to critical processes such as diagnosis and material selection. Accurately assessing the degree of pulp inflammation is the most fundamental step to maintain vitality. In this context, clinical symptoms, radiographic findings and intraoperative observations are evaluated together ("AAE Position Statement on Vital Pulp Therapy," 2021).

The protective approach is also supported by the development of biologically based materials. The biocompatibility of MTA and bioceramic materials, their ability to promote dentin bridge formation and their long-term success rates have increased the reliability of VPT. However, the clinical experience of the endodontist and patient co-operation continue to be decisive in treatment success (Silva et al., 2023).

In conclusion, VPT have shifted the paradigm in endodontics from the removal of infected tissue to the preservation of biological tissue. This approach both increases the patient's chances of preserving the natural tooth for a long time and guides clinical practice in accordance with the minimally invasive dentistry approach (Duncan et al., 2019).

2.Clinical Perspective of the Endodontist

The endodontist's approach to VPT is primarily based on determining the correct indications and contraindications. Cases with deep carious lesions but symptoms indicating early stages of pulpitis are suitable candidates for VPT. VPT has a very high success rate in reversible pulpitis. On the other hand, findings such as widespread spontaneous pain, percussion tenderness, presence of radiographically evident periapical pathology or uncontrolled bleeding draw the limits of VPT and necessitates a turn to root canal treatment (Duncan, 2022).

Diagnosis and decision making are one of the critical responsibilities of the endodontist. Clinical findings (type of pain, thermal tests, electrical pulp

test), radiographic examinations and the nature of the bleeding when the pulp chamber is opened play a decisive role in treatment guidance. Especially in young patients, the ongoing root development makes the protection of the pulp a priority for the endodontist. In adults, treatment planning is made by considering functional and aesthetic expectations.

Patient expectations also have an important place in the clinical perspective of the endodontist. Most patients associate the success of treatment with the elimination of pain and the ability of the tooth to function in the mouth for a long time. Therefore, the endodontist needs to clearly and understandably convey to the patient the potential advantages of VPT (shorter treatment time, lower cost, higher biological protection) and its limitations (the need to switch to root canal treatment in case of failure).

As a result, the clinical perspective of the endodontist includes not only technical applications but also correct diagnosis, material selection, patient communication and long-term follow-up strategies. This holistic approach ensures that VPT can be safely applied in modern endodontic practice.

3. Treatment Modalities

3.1. Direct Pulp Cover

Direct pulp coverage is the process of covering the pulp surface exposed in a limited area due to caries or mechanical reasons with biocompatible materials. The most critical point for the endodontist is that the pulp opening should be small and controlled, the bleeding should be easily stopped and there should be clinical evidence that the pulp tissue is healthy. Although calcium hydroxide has been used as the gold standard for many years, today MTA and bioceramic materials are preferred due to their superior biocompatibility and potential for dentin bridging. Success rates are quite high, especially in young individuals (Wang et al., 2022).

3.2. Partial Pulpotomy

Partial pulpotomy is the removal of inflamed tissue in a limited area in the pulp chamber to reach healthy pulp tissue and to cover this surface with biomaterials. It is widely preferred by endodontists for the continuation of root development, especially in young permanent teeth. The advantage of partial pulpotomy is the preservation of the remaining healthy pulp tissue with the removal of inflammation. This method both maintains the vitality of the pulp and may reduce the need for root canal treatment in the future (Camoni, Cagetti, Cirio, Esteves-Oliveira, & Campus, 2023).

3.3. Full Pulpotomy

Complete pulpotomy is based on the removal of all coronal pulp tissue in the pulp chamber, leaving only the radicular pulp alive. Especially in cases of symptomatic irreversible pulpitis, it is performed considering that the root pulp may be healthy. From the endodontist's point of view, complete pulpotomy is a more conservative alternative to root canal treatment. In recent years, high long-term success rates of complete pulpotomies with biomaterials such as MTA and Biodentine have been reported. This suggests that VPT may be a reliable option for some cases traditionally referred to root canal treatment (Ather, Patel, Gelfond, & Ruparel, 2022).

4. Role of Biomaterials

4.1. Calcium Hydroxide

Calcium hydroxide has been the most widely used material in VPT for many years. It has been widely accepted in the clinic due to its antibacterial effect, alkaline pH and ability to induce dentin bridge formation. However, the disadvantages that have emerged over time - solubility, susceptibility to microleakage and the presence of tunnelling defects in the formed dentin bridges - have led endodontists to be more cautious when using this material alone (Cox, Sübay, Ostro, Suzuki, & Suzuki, 1996).

4.2. Mineral Trioxide Aggregate (MTA)

MTA has been a milestone in VPT. It is safely preferred by endodontists due to its high biocompatibility, excellent sealing properties and success in dentin bridging. One of its most important clinical advantages is that it supports healing even in inflamed pulp. However, it has limitations such as long curing time and high cost (Silva et al., 2023).

4.3. Biodentine

Biodentine is a calcium silicate-based material developed to overcome the deficiencies of MTA. It has become popular among endodontists due to its shorter curing time, easy applicability and good biological properties. In clinical applications, high success rates have been reported in both direct pulp cover and pulpotomy procedures (Bastos, Albuquerque, Filho, Silva, & Rolim, 2024).

4.4. Bioceramic Materials

Bioceramic materials introduced to the market in recent years have raised the expectations of endodontists in VPT even further. They offer advantages such as easy applicability, excellent biocompatibility, hardening in humid environment and long-term stability. In addition, the antimicrobial properties of these materials and their capacity to induce biomineralisation increase the success of treatment (Duncan, 2022).

5.Success Criteria and Follow-up

5.1. Clinical Success Criteria

Success in VPT is primarily evaluated by the disappearance of the patient's symptoms. Absence of spontaneous pain after treatment, absence of pathological findings in thermal and percussion tests, and preservation of functional stability of the tooth after restoration are the main indicators of clinical success. One of the most critical points for the endodontist is to monitor whether pulp vitality is maintained after treatment (Asgary et al., 2024).

5.2. Radiographic Success Criteria

In addition to clinical improvement, radiographic findings are indispensable in the evaluation of long-term success. Root resorption, periapical lesion formation or widening of the periodontal space should not be observed after treatment. Instead, the formation of a dentin bridge, the maintenance of normal periodontal space and continued root growth are favourable criteria for the endodontist (Guan et al., 2021).

5.3. Long Term Follow-up

The success of VPT is determined not only by short-term observations but also by long-term follow-up. Clinical protocols usually recommend 6-month, 12-month and then annual follow-ups. During this period, the endodontist monitors the absence of symptoms, radiographic stability and functional vitality of the pulp. Especially in young permanent teeth, the completion of root development is the most important finding proving the success of VPT.

5.4. Differentiation of Success and Failure

In case of failure, persistent symptoms, uncontrollable pain, development of periapical pathology or loss of pulp response in vitality tests are usually

observed. In such cases, the endodontist revises the treatment plan and switches to root canal treatment. Therefore, the evaluation of success in VPT is a dynamic and long-term process, not just an instantaneous one (Asgary et al., 2024).

6. Advantages and Challenges

6.1. Advantages

The most important advantage of VPT is that they allow the natural structure of the tooth to be preserved. It offers a more conservative approach compared to root canal treatment and preserves the biomechanical strength of the tooth to a great extent. In addition, the relatively short duration of the procedure, the lower cost and the contribution to the continuation of root development in young permanent teeth make this treatment attractive for endodontists. The high biocompatibility offered by modern biomaterials also supports these advantages.

6.2. Diagnostic Difficulties

From the endodontist's point of view, the biggest challenge is to make the correct diagnosis. The degree of pulp inflammation can often not be accurately determined by clinical and radiographic findings. The grey areas in the distinction between reversible pulpitis and irreversible pulpitis directly affect the success of VPT. Therefore, diagnostic uncertainty poses a significant decision-making problem for endodontists (Zeng, Chen, Zheng, Wei, & Liu, 2024).

6.3. Clinical Practice Challenges

Another clinical challenge is the control of bleeding after pulp opening. Prolonged or intense bleeding may be an indication that the pulp is severely inflamed and is a contraindication for VPT. Cost and applicability of biomaterials are also limiting factors in some clinics (Briseño Marroquín, Borgschulte, Savic, Ertl, & Wolf, 2024).

6.4. Patient Compliance and Expectations

Patient compliance is also an important factor in maintaining success in VPT. Patients should not neglect post-treatment controls; permanent restoration should be performed on time and oral hygiene should be maintained. However, in practice, these conditions are not always fulfilled, which may adversely affect the long-term success of the treatment.

7. Future Perspective

7.1. Development of New Biomaterials

One of the most remarkable developments in the future of VPT is advances in the field of biomaterials. In addition to calcium silicate-based materials, nanotechnology-supported biomaterials, antimicrobial peptides and bioactive glass-containing products aim to make pulp protection more reliable. The potential of these materials for rapid hardening, superior biocompatibility and enhanced regenerative capacity will expand the treatment options for endodontists.

7.2. Regenerative Approaches

Regenerative endodontics is seen as a natural extension of VPT. The use of pulp stem cells, bioengineered products and treatments supported by growth factors aim not only to preserve the pulp but also to reconstruct it functionally. These developments will not only support stem development, especially in young individuals, but will also increase biological treatment alternatives in adults.

7.3. Artificial Intelligence and Imaging Technologies in Diagnosis

More precise determination of pulp vitality and degree of inflammation is a critical factor in the success of VPT. At this point, artificial intelligence-supported diagnostic algorithms and advanced imaging methods (e.g. CBCT-based assessments, optical coherence tomography) will provide more reliable decision support to endodontists. These technologies have the potential to improve treatment success by reducing grey areas in diagnosis.

7.4. Transformation of the Endodontist's Role

In the future, the role of endodontists will evolve from a practitioner who only removes infected tissue to a clinician who protects biological tissue and supports it with regenerative treatments. With the strengthening of the understanding of minimally invasive dentistry, endodontists will be in a more effective position in both clinical and research aspects of VPT.

8. Conclusion

VPT are one of the most important approaches in modern endodontic practice focusing on the preservation of biological tissue. Thanks to these methods, pulp tissue can be kept alive, and the natural structure and biomechanical durability of the tooth can be preserved for a long time.

For the endodontist, VPT are not only a technical application; it is a multifaceted process such as correct diagnosis, appropriate material selection, patient compliance and long-term follow-up. The high success rates provided by current biomaterials and the emergence of regenerative approaches increase the clinical reliability of these treatments day by day.

In the future, artificial intelligence-assisted diagnostic methods, next-generation biomaterials and tissue engineering-based solutions will make VPT more predictable and standardised. Endodontists will be the pioneers of approaches centred on the preservation of biological tissue in this transformation.

In conclusion, VPT strengthen the protective and biological aspects of endodontics and are gaining more importance in dental practice with their potential as an alternative to root canal treatment.

References

- AAE Position Statement on Vital Pulp Therapy. (2021). *J Endod*, 47(9), 1340-1344. doi:10.1016/j.joen.2021.07.015
- Asgary, S., Roghanizadeh, L., Eghbal, M. J., Akbarzadeh Baghban, A., Aminoshariae, A., & Nosrat, A. (2024). Outcomes and predictive factors of vital pulp therapy in a large-scale retrospective cohort study over 10 years. *Sci Rep*, 14(1), 2063. doi:10.1038/s41598-024-52654-8
- Ather, A., Patel, B., Gelfond, J. A. L., & Ruparel, N. B. (2022). Outcome of pulpotomy in permanent teeth with irreversible pulpitis: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 12(1), 19664. doi:10.1038/s41598-022-20918-w
- Bastos, M. C., Albuquerque, F. G. A., Filho, E. L. C., Silva, P. G. B., & Rolim, J. (2024). Clinical and radiographic success of pulpotomy and pulpectomy in primary and permanent teeth: a Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Exp Dent*, 16(9), e1120-e1128. doi:10.4317/jced.61346
- Briseño Marroquín, B., Borgschulte, M., Savic, A., Ertl, T. P., & Wolf, T. G. (2024). Pulp Vitality Diagnosis by Means of an Optical Pulp Scanning Device. *Dent J (Basel)*, 12(10). doi:10.3390/dj12100326
- Camoni, N., Cagetti, M. G., Cirio, S., Esteves-Oliveira, M., & Campus, G. (2023). Partial Pulpotomy in Young Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Children (Basel)*, 10(9). doi:10.3390/children10091447
- Cox, C. F., Sübay, R. K., Ostro, E., Suzuki, S., & Suzuki, S. H. (1996). Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping. *Oper Dent*, 21(1), 4-11.
- Duncan, H. F. (2022). Present status and future directions-Vital pulp treatment and pulp preservation strategies. *Int Endod J*, 55 Suppl 3(Suppl 3), 497-511. doi:10.1111/iej.13688
- Duncan, H. F., Galler, K. M., Tomson, P. L., Simon, S., El-Karim, I., Kundzina, R., . . . Bjørndal, L. (2019). European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *Int Endod J*, 52(7), 923-934. doi:10.1111/iej.13080
- Guan, X., Zhou, Y., Yang, Q., Zhu, T., Chen, X., Deng, S., & Zhang, D. (2021). Vital Pulp Therapy in Permanent Teeth with Irreversible Pulpitis Caused by Caries: A Prospective Cohort Study. *J Pers Med*, 11(11). doi:10.3390/jpm11111125
- Silva, E., Pinto, K. P., Belladonna, F. G., Ferreira, C. M. A., Versiani, M. A., & De-Deus, G. (2023). Success rate of permanent teeth pulpotomy using bioactive materials: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Int Endod J*, 56(9), 1024-1041. doi:10.1111/iej.13939

- Wang, Y., Luo, S., Tang, W., Yang, L., Liao, Y., & Liu, F. (2022). Efficacy and safety of mineral trioxide aggregate (MTA) pulpotomy for caries-exposed permanent teeth in children: a systematic review and meta-analysis. *Transl Pediatr*, 11(4), 537-546. doi:10.21037/tp-22-68
- Zeng, Q., Chen, M., Zheng, S., Wei, X., & Liu, H. (2024). Efficacy of vital pulp therapy for carious pulp injury in permanent teeth: a study protocol for an open-label randomized controlled noninferiority trial. *Trials*, 25(1), 700. doi:10.1186/s13063-024-08559-y

Birinci Basamakta Demansın Erken Tanısı

Harun Köseoglu¹

Özet

Demans, yaşlanan toplumlarda giderek artan bir halk sağlığı sorunudur. Dünya genelinde 2019 yılında yaklaşık 50 milyon kişi demans ile yaşamakta iken, bu sayının 2050’de 150 milyonu aşması beklenmektedir. Erken tanı, hem yaşam kalitesini korumak hem de bakım maliyetlerini azaltmak açısından önemlidir. Birinci basamak sağlık hizmetleri, bireylerin ilk başvuru noktası olması nedeniyle bu süreçte merkezi rol oynamaktadır. Demans gelişiminde yaş en güçlü risk faktörüdür, ancak hipertansiyon, diyabet, obezite, sigara, fiziksel inaktivite ve işitme kaybı gibi değiştirilebilir riskler de önemli katkıda bulunur. Erken belirtiler unutkanlık, yürütücü işlev bozukluğu, dil güçlükleri ve davranışsal değişikliklerdir. Birinci basamakta Mini Mental Durum Testi (MMSE), Montreal Bilişsel Değerlendirme (MoCA) ve saat çizme testi gibi kısa tarama testleri kullanılabilir. Tanıda ayrıca laboratuvar tetkikleriyle geri dönüşümlü nedenlerin dışlanması gerekir. Erken tanının önünde hekim, hasta-aile ve sağlık sistemi kaynaklı engeller bulunmaktadır. Yönetim; farmakolojik tedavilerin yanında bilişsel stimülasyon, egzersiz, beslenme düzenlemesi ve aile desteğini de içermelidir. Multidisipliner yaklaşım ve toplum temelli farkındalık çalışmaları sürecin başarısını artırır. Sonuç olarak, birinci basamakta erken tanı ve önleyici stratejiler, demans yükünü azaltmada kritik öneme sahiptir.

1. Giriş

Demans, bilişsel işlevlerde ilerleyici kayıp, günlük yaşam aktivitelerinde bozulma ve nöropsikiyatrik belirtilerle seyreden, yaşlı nüfusun en önemli sağlık sorunlarından biridir. Dünya genelinde 2020’de yaklaşık 50 milyon kişi demans tanısı almışken, bu sayının 2050’ye kadar 152 milyona ulaşacağı öngörülmektedir (Prince et al., 2020). Erken tanı, hem hastanın yaşam kalitesini korumak hem de sağlık sistemine olan ekonomik yükü azaltmak

1 Uzman Doktor, Kızılcamam İlçe Sağlık Müdürlüğü, drharunkoseoglu@gmail.com, ORCID ID: 0009-0002-8649-8008

açısından kritik öneme sahiptir. Birinci basamak sağlık hizmetleri, bireyin sağlık sistemiyle ilk ve sürekli temas noktası olması nedeniyle, demansın erken tanısında merkezi bir role sahiptir (Livingston et al., 2020).

Son yıllarda araştırmalar, demansın yalnızca genetik ve yaşla ilişkili olmadığını, aynı zamanda değiştirilebilir yaşam tarzı faktörleriyle de yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Hipertansiyon, diyabet, obezite, sigara kullanımı ve fiziksel inaktivite gibi risk faktörleri, yaşamın ortalarında müdahale edildiğinde demans riskini belirgin şekilde azaltabilmektedir (Norton et al., 2014; World Health Organization, 2019). Bu nedenle birinci basamak hekimleri için sadece erken tanı değil, aynı zamanda risk faktörlerinin yönetimi ve önleyici girişimler de önem taşımaktadır.

Erken evrede demans belirtileri sıklıkla unutkanlık, yeni bilgileri öğrenmede güçlük, planlama ve problem çözmede zorluk, dil ve mekânsal yönelim bozuklukları şeklinde görülür. Ancak bu belirtiler çoğu zaman yaşlılığın doğal bir parçası olarak değerlendirilip göz ardı edilmektedir (Alzheimer's Association, 2023). Birinci basamak hekimlerinin bu erken ipuçlarını ayırt etmesi, kısa tarama testlerini (ör. Mini Mental Durum Testi, MoCA) uygulaması ve gerektiğinde ileri basamaklara yönlendirmesi büyük önem taşır (Nasreddine et al., 2005; Folstein et al., 1975).

2. Demansın Epidemiyolojisi ve Risk Faktörleri

2.1. Epidemiyoloji

Demans, dünya genelinde yaşlanan nüfusun en önemli sağlık sorunlarından biri olarak öne çıkmaktadır. 2019 yılı itibarıyla yaklaşık **50 milyon** kişi demans ile yaşamaktadır ve bu sayının 2050'de **152 milyona** ulaşması beklenmektedir (GBD 2019 Dementia Forecasting Collaborators, 2022). Demans insidansı yaşla birlikte katlanarak artmakta, 65 yaş üzerinde prevalans %5–7 civarında seyrederken, 85 yaş üzerinde %30'un üzerine çıkmaktadır (Nichols et al., 2022).

Türkiye özelinde yapılan toplum temelli çalışmalarda, 60 yaş üzeri bireylerde demans prevalansının yaklaşık %8–10 arasında olduğu bildirilmektedir (Suat Kamacıoğlu ve ark., 2020). Bu oran, yaşlanan nüfus yapısıyla birlikte önümüzdeki yıllarda daha da artacaktır. Dolayısıyla, demansın erken tanısı ve risk faktörlerinin kontrolü birinci basamak hizmetler için stratejik öneme sahiptir.

2.2. Risk Faktörleri

Demans gelişiminde **yaş** en güçlü risk faktörüdür. Bununla birlikte, yalnızca yaşlanma değil, değiştirilebilir riskler de önemli rol oynamaktadır.

- **Genetik yatkınlık:** APOE ϵ 4 alleli, Alzheimer hastalığı riskini artırmaktadır (Liu et al., 2013).
- **Vasküler risk faktörleri:** Hipertansiyon, diyabet, hiperlipidemi ve obezite orta yaşta kontrol altına alınmadığında ilerleyen yıllarda demans riskini belirgin olarak artırır (Livingston et al., 2020).
- **Yaşam tarzı faktörleri:** Fiziksel inaktivite, sigara ve alkol kullanımı, yetersiz beslenme bilişsel gerilemeyi hızlandırır (Norton et al., 2014).
- **Psikososyal etkenler:** Düşük eğitim düzeyi, sosyal izolasyon, depresyon ve işitme kaybı gibi faktörler bilişsel rezervi azaltarak demans gelişimine katkıda bulunur (Lin et al., 2017).

Lancet Komisyonu’nun raporuna göre, bu değiştirilebilir risk faktörlerinin kontrol altına alınması ile demans olgularının yaklaşık üçte birinin önlenileceği öngörülmektedir (Livingston et al., 2020). Bu durum, birinci basamak sağlık hizmetlerinde **erken tanı kadar önleyici yaklaşımların da kritik** olduğunu göstermektedir.

3. Birinci Basamakta Demansın Klinik Özellikleri

3.1. Erken Dönem Belirtiler

Demansın erken döneminde görülen belirtiler sıklıkla **hafıza bozukluğu** ile başlar. Yeni öğrenilen bilgilerin hızla unutulması, eşyaların sık sık kaybedilmesi, aynı soruların tekrar edilmesi en sık gözlenen bulgulardır (McKhann et al., 2011). Bununla birlikte, yalnızca bellek değil, **dikkat, dil, yürütücü işlevler** ve **görsel-mekânsal beceriler** de erken dönemde etkilenebilir. Özellikle işlevsellikte azalma —örneğin finansal işlemleri yürütmede, yemek hazırlamada veya ilaçları düzenli almada güçlük— dikkat çekici bir uyarı işaretidir (Albert et al., 2011).

3.2. Aile ve Yakın Çevreden Alınan Öykü

Birinci basamak hekimleri için hastadan alınan öykü kadar, **aile üyelerinden** veya yakın çevresinden alınan bilgi de önemlidir. Çoğu zaman hasta erken belirtileri fark etmez veya küçümser; bu nedenle aile bireylerinin “gündelik yaşamda değişiklik” gözlemleri tanıda kritik rol oynar (Jessen et al., 2014).

3.3. Nöropsikiyatrik Belirtiler

Erken evrelerde sadece bilişsel değil, aynı zamanda **davranışsal ve psikiyatrik belirtiler** de ortaya çıkabilir. İrritabilite, depresif duygu durum, kaygı, apati ve uyku bozuklukları ilk bulgular arasında yer alabilir. Bu belirtiler çoğu zaman yanlışlıkla primer psikiyatrik bozukluk olarak değerlendirilebilir ve demans tanısını geciktirebilir (Ismail et al., 2016).

3.4. Birinci Basamakta Önemli Klinik İpuçları

- Yaşlı bireyde tekrarlayan unutkanlık ve gündelik işlevlerde azalma
- Davranış değişiklikleri: sinirlilik, içe kapanma, motivasyon kaybı
- Dil bozuklukları: kelime bulma güçlüğü, konuşmada akıcılığın azalması
- Yönelim sorunları: yer ve zaman karıştırma
- Yakınlarının “eskisi gibi değil” gözlemi

Bu bulguların erken fark edilmesi, birinci basamakta uygulanabilecek kısa **tarama testleri** ve gerektiğinde ileri basamağa yönlendirme ile demansın erken dönemde tanınmasına katkı sağlar.

4. Tanı Yaklaşımı

4.1. Anamnez ve Klinik Öykü

Demans tanısında ilk adım ayrıntılı anamnezdır. Hastanın **bilişsel şikâyetleri** (unutkanlık, dikkat azalması, yönelim sorunları) ve **günlük yaşam aktivitelerindeki değişiklikler** sorgulanmalıdır. Öykü yalnızca hastadan değil, aynı zamanda **aile üyelerinden** alınmalıdır çünkü hastalar erken dönemde kendi bilişsel yıkımlarını fark etmeyebilir (Kelley & Petersen, 2021).

4.2. Fizik Muayene ve Nörolojik Değerlendirme

Birinci basamak hekimleri için kısa bir **genel fizik muayene** ile kardiyovasküler, endokrin ve nörolojik sistem bulgularının gözden geçirilmesi önemlidir. Özellikle **yürüyüş bozukluğu, ekstrapiramidal bulgular, tremor ve nörolojik odaklanma** demans dışı hastalıkları düşündürülebilir (Knopman et al., 2021).

4.3. Tarama Testleri

- **Mini Mental Durum Testi (MMSE):** En yaygın kullanılan test olup, bilişsel bozukluğun derecesi hakkında fikir verir (Folstein et al., 1975).
- **Montreal Cognitive Assessment (MoCA):** Hafif bilişsel bozukluğu saptamada MMSE'den daha duyarlı olduğu gösterilmiştir (Nasreddine et al., 2005).
- **Saat Çizme Testi:** Pratik ve kısa sürede uygulanabilen bir görsel-mekânsal işlev testidir (Shulman, 2000).

Bu testler, erken dönemde bilişsel bozukluğu taramak için birinci basamakta uygulanabilir, ancak tanıyı kesinleştirmek için tek başına yeterli değildir.

4.4. Laboratuvar ve Görüntüleme Tetkikleri

Birinci basamakta rutin olarak yapılabilecek tetkikler arasında tam kan sayımı, tiroid fonksiyon testleri, vitamin B12 düzeyi, karaciğer ve böbrek fonksiyon testleri yer alır. Bu testler, demansı taklit eden geri dönüşümlü nedenleri dışlamak için önemlidir (Weller & Budson, 2018). Görüntüleme yöntemleri (BT, MR) genellikle ikinci basamakta planlanmakla birlikte, atipik klinik bulgular, hızlı ilerleyen tablolar veya odak nörolojik bulgular varlığında sevk gerekebilir (McKhann et al., 2011).

5. Erken Tanının Önündeki Engeller

5.1. Hekim Kaynaklı Engeller

Birinci basamak hekimleri çoğunlukla yoğun hasta yükü, zaman kısıtlılığı ve sınırlı eğitim olanakları nedeniyle demansı erken evrede fark etmekte güçlük yaşayabilmektedir. Çalışmalar, aile hekimlerinin demans hakkında bilgi ve farkındalık düzeylerinin değişken olduğunu, özellikle hafif bilişsel bozukluğu tanımada zorluk yaşadıklarını göstermektedir (Turner et al., 2020). Ayrıca bazı hekimler, demansın tedavi edilemez olduğuna dair yanlış bir algı nedeniyle tarama yapma konusunda motivasyonsuz olabilmektedir (Bradford et al., 2009).

5.2. Hasta ve Aile Kaynaklı Engeller

Toplumda **unutkanlığın yaşlılığın doğal bir parçası** olduğu yönünde güçlü bir inanç bulunmaktadır. Bu nedenle hasta ve ailesi çoğu zaman semptomların başlangıcında tıbbi yardım arayışına girmemektedir. Ayrıca

damgalanma korkusu, geleceğe yönelik belirsizlikler ve bakım yükü ile ilgili kaygılar da başvuruyu geciktirmektedir (Werner et al., 2014).

5.3. Sağlık Sistemi Kaynaklı Engeller

Sağlık sistemindeki yapısal faktörler de erken tanının önünde engel teşkil etmektedir. Kısıtlı tarama programları, ileri merkeze sevk sürecinde yaşanan gecikmeler, psikogeriatri ve nöroloji hizmetlerine erişimdeki zorluklar tanının geç konulmasına yol açmaktadır (Iliffe et al., 2009). Ayrıca bazı ülkelerde bilişsel tarama için ulusal bir protokolün olmaması, uygulamada heterojenliğe neden olmaktadır.

5.4. Kültürel ve Sosyal Engeller

Farklı kültürlerde demansın algılanış biçimi erken tanıyı doğrudan etkileyebilmektedir. Bazı toplumlarda unutkanlık “normal yaşlanma” olarak görülürken, bazı toplumlarda “damgalayıcı bir ruhsal bozukluk” olarak değerlendirilmekte ve bu da sağlık kuruluşuna başvuruyu engellemektedir (Mukadam et al., 2011).

6. Yönetim ve İzlem

6.1. Erken Dönemde Yönetim

Demansın kesin tedavisi olmasa da, **erken tanı sonrası uygun bakım planlaması** hastanın yaşam kalitesini artırabilir. Birinci basamakta amaç; hastanın işlevselliğini korumak, güvenliğini sağlamak ve aileyi sürece dahil etmektir. Erken dönemde yapılan bakım planlaması; **ilaç tedavisi, ilaç dışı girişimler, sağlık hizmetlerinin koordinasyonu ve aile desteği**ni kapsamalıdır (Livingston et al., 2020).

6.2. Farmakolojik Yaklaşım

Birinci basamak hekimleri genellikle tanı sonrası ilaç tedavisine başlamaz; ancak kullanılan ilaçların gözden geçirilmesi (antikolinerjik yükün azaltılması, polifarmasiden kaçınma) kritik öneme sahiptir (Boustani et al., 2007). İleri basamakta başlanabilen **kolinesteraz inhibitörleri** (donepezil, rivastigmin, galantamin) ve **memantin** erken dönemde semptomları kısmen hafifletebilir ve işlevselliği uzatabilir (Birks & Harvey, 2018).

6.3. İlaç Dışı Yaklaşımlar

Demans yönetiminde ilaç dışı stratejiler sıklıkla daha etkilidir. Birinci basamakta uygulanabilecek yöntemler:

- **Bilişsel stimülasyon terapisi:** Grup veya bireysel etkinliklerle bilişsel işlevlerin desteklenmesi (Spector et al., 2003).
- **Fiziksel egzersiz:** Aerobik ve direnç egzersizleri bilişsel gerilemeyi yavaşlatabilir (Blondell et al., 2014).
- **Beslenme düzenlemesi:** Akdeniz diyeti ve dengeli beslenme, bilişsel işlevler üzerinde koruyucu etki sağlayabilir (Scarmeas et al., 2018).
- **Aile eğitimi:** Hasta yakınlarının bakım sürecine hazırlanması, stresle baş etme becerilerinin geliştirilmesi.

6.4. İzlem ve Takip

Birinci basamakta demanslı bireylerin düzenli izlenmesi gerekir. İzlemde:

- **Bilişsel testlerin tekrarı** (MMSE, MoCA)
- **Fonksiyonel kapasite değerlendirmesi**
- **Davranışsal belirtilerin takibi**
- **Kronik hastalıkların eş zamanlı yönetimi** önemlidir (WHO, 2019). Ayrıca düzenli ev ziyareti, aile ile iletişim ve gerektiğinde sosyal hizmet desteği birinci basamak uygulamalarına dahil edilmelidir.

7. Birinci Basamakta Hekimlerin Rolü ve Eğitim Gereksinimleri

7.1. Hekimlerin Temel Rolü

Birinci basamak hekimleri, demanslı bireylerin sağlık sistemiyle ilk temas noktasıdır. Bu nedenle **erken tanı, risk faktörlerinin yönetimi ve bakımın koordinasyonu** açısından kritik rol oynarlar. Erken dönemde unutkanlık veya davranış değişiklikleriyle başvuran hastaların değerlendirilmesi, uygun tarama testlerinin uygulanması ve gerekli durumlarda ileri merkeze yönlendirilmesi aile hekiminin sorumluluğundadır (Iliffe & Manthorpe, 2019). Ayrıca hekimler, hastanın kronik hastalıklarının kontrolünü sağlamak, polifarmasiyi önlemek ve aile desteğini organize etmekle yükümlüdür.

7.2. Multidisipliner Yaklaşımın Önemi

Demans yönetimi yalnızca hekimlerin değil, **hemşire, psikolog, sosyal hizmet uzmanı ve fizyoterapist** gibi farklı meslek gruplarının iş birliğini gerektirir. Birinci basamakta multidisipliner ekip çalışmasının teşvik edilmesi, hem erken tanının doğruluğunu artırır hem de hastanın ve ailenin yaşam kalitesini iyileştirir (Prince et al., 2020).

7.3. Eğitim Gereksinimleri

Araştırmalar, birinci basamak hekimlerinin demans tanı ve yönetiminde sıklıkla **bilgi eksikliği ve güven yetersizliği** yaşadığını göstermektedir (Turner et al., 2020). Bu nedenle sürekli tıp eğitimi programlarında demans, özellikle de **hafif bilişsel bozukluk ve erken evre demansın tanınması** konularına ağırlık verilmelidir. Ayrıca tarama testlerinin uygulanması, sonuçların yorumlanması ve hasta-aile ile doğru iletişim kurulması konularında eğitimler faydalı olmaktadır (Hansen et al., 2021).

7.4. Toplumsal Farkındalık Çalışmalarında Hekimlerin Katkısı

Birinci basamak hekimleri, yalnızca klinik bakımda değil, aynı zamanda toplum temelli farkındalık çalışmalarında da önemli rol üstlenir. Hasta yakınlarının bilgilendirilmesi, toplumda demansın “yaşlılığın doğal sonucu” olmadığını vurgulanması ve erken başvurunun teşvik edilmesi hekimin sorumluluk alanına girer (Alzheimer’s Disease International, 2021).

8. Sonuç ve Öneriler

Demans, yaşlanan toplumların en önemli halk sağlığı sorunlarından biridir. Erken tanı; hastanın yaşam kalitesinin korunması, bakım yükünün azaltılması ve sağlık sisteminin maliyet etkinliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Birinci basamak sağlık hizmetleri, bireyin sağlık sistemiyle ilk temas noktası olması nedeniyle demansın erken fark edilmesi için en uygun alandır.

Bu bölümde vurgulandığı gibi;

- Demansın **epidemiolojisi ve risk faktörleri**, özellikle değiştirilebilir risklerin kontrolü ile birinci basamakta önemli bir müdahale alanı oluşturur.
- **Klinik özelliklerin** erken tanınması ve aileden alınan ayrıntılı öykü, tanı sürecini kolaylaştırır.
- **Tarama testleri** (MMSE, MoCA vb.) birinci basamakta uygulanabilir ve geri dönüşümlü nedenler için laboratuvar tetkikleri eklenmelidir.
- Erken tanının önündeki engellerin aşılması için hekimlerin eğitim alması, hasta ve aile farkındalığının artırılması ve sağlık sisteminde yapılandırılmış tarama programlarının geliştirilmesi gereklidir.
- Yönetimde yalnızca farmakolojik tedaviler değil, aynı zamanda **ilaç dışı yaklaşımlar, egzersiz, bilişsel stimülasyon ve beslenme düzenlemeleri** de destekleyici rol oynamaktadır.

- Birinci basamak hekimlerinin rolü, yalnızca tanı koymak değil; aynı zamanda toplumda farkındalık oluşturmak, aile desteğini güçlendirmek ve multidisipliner bakım süreçlerini koordine etmektir.

Sonuç olarak, **erken tanı ve önleyici stratejilerin etkin uygulanması**, demans yükünün hem bireysel hem de toplumsal düzeyde azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Birinci basamak hekimleri için sürekli eğitim programları, tarama protokollerinin standardizasyonu ve sağlık sisteminde demansa özel bakım modellerinin geliştirilmesi öncelikli öneriler arasında yer almaktadır (Livingston et al., 2020; WHO, 2019; Alzheimer's Disease International, 2021).

9. Kaynakça

- Albert, M. S., DeKosky, S. T., Dickson, D., Dubois, B., Feldman, H. H., Fox, N. C., ... & Phelps, C. H. (2011). The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups. *Alzheimer's & Dementia*, 7(3), 270–279. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.03.008>
- Alzheimer's Association. (2023). 2023 Alzheimer's disease facts and figures. *Alzheimer's & Dementia*, 19(4), 1598–1695. <https://doi.org/10.1002/alz.13098>
- Alzheimer's Disease International (ADI). (2021). *From plan to impact V: Progress towards targets of the WHO global action plan on dementia*. London: ADI. Retrieved from <https://www.alzint.org/what-we-do/policy/>
- Birks, J. S., & Harvey, R. J. (2018). Donepezil for dementia due to Alzheimer's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 6, CD001190. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001190.pub3>
- Blondell, S. J., Hammersley-Mather, R., & Veerman, J. L. (2014). Does physical activity prevent cognitive decline and dementia? A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *BMC Public Health*, 14, 510. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-510>
- Boustani, M., Campbell, N., Munger, S., Maidment, I., & Fox, C. (2007). Impact of anticholinergics on the aging brain: A review and practical application. *Aging Health*, 3(3), 307–318. <https://doi.org/10.2217/1745509X.3.3.307>
- Bradford, A., Kunik, M. E., Schulz, P., Williams, S. P., & Singh, H. (2009). Missed and delayed diagnosis of dementia in primary care: Prevalence and contributing factors. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 23(4), 306–314. <https://doi.org/10.1097/WAD.0b013e3181a6bebc>
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(75\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6)
- GBD 2019 Dementia Forecasting Collaborators. (2022). Estimation of the global prevalence of dementia in 2019 and forecasted prevalence in 2050: An analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Public Health*, 7(2), e105–e125. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00249-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00249-8)
- Hansen, E. C., Hughes, C., Routley, G., & Robinson, A. L. (2021). General practitioners' experiences and understandings of diagnosing dementia: Factors impacting on early diagnosis. *Social Science & Medicine*, 73(7), 1130–1137. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2011.07.018>

- Iliffe, S., & Manthorpe, J. (2019). The recognition and response to dementia in primary care: A review of primary care guidelines. *Primary Health Care Research & Development*, 20, e86. <https://doi.org/10.1017/S1463423619000306>
- Iliffe, S., Robinson, L., Brayne, C., Goodman, C., Rait, G., Manthorpe, J., ... & Warner, J. (2009). Primary care and dementia: 1. diagnosis, screening and disclosure. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 24(9), 895–901. <https://doi.org/10.1002/gps.2204>
- Ismail, Z., Smith, E. E., Geda, Y., Sultzer, D., Brodaty, H., Smith, G., ... & ISTAART Neuropsychiatric Symptoms Professional Interest Area. (2016). Neuropsychiatric symptoms as early manifestations of emergent dementia: Provisional diagnostic criteria for mild behavioral impairment. *Alzheimer's & Dementia*, 12(2), 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2015.05.017>
- Jessen, F., Amariglio, R. E., van Boxtel, M., Breteler, M., Ceccaldi, M., Chételet, G., ... & Wagner, M. (2014). A conceptual framework for research on subjective cognitive decline in preclinical Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 10(6), 844–852. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.01.001>
- Kamacioğlu, S., Bahar, A., Akyol, M. A., & Yıldız, M. (2020). Prevalence of dementia in the elderly population in Turkey: A community-based study. *Turkish Journal of Geriatrics*, 23(3), 289–296. <https://doi.org/10.31086/tjgeri.2020.171>
- Kelley, B. J., & Petersen, R. C. (2021). Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Neurologic Clinics*, 39(3), 473–488. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2021.04.002>
- Knopman, D. S., Petersen, R. C., Jack, C. R., Jr., Lucas, J. A., Boeve, B. F., & Ivnik, R. J. (2021). Practice guideline update summary: Mild cognitive impairment. *Neurology*, 96(10), 450–460. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000011717>
- Lin, F. R., Metter, E. J., O'Brien, R. J., Resnick, S. M., Zonderman, A. B., & Ferrucci, L. (2017). Hearing loss and incident dementia. *Archives of Neurology*, 68(2), 214–220. <https://doi.org/10.1001/archneurol.2010.362>
- Liu, C. C., Kanekiyo, T., Xu, H., & Bu, G. (2013). Apolipoprotein E and Alzheimer disease: Risk, mechanisms and therapy. *Nature Reviews Neurology*, 9(2), 106–118. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2012.263>
- Livingston, G., Huntley, J., Sommerlad, A., Ames, D., Ballard, C., Banerjee, S., ... & Mukadam, N. (2020). Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet*, 396(10248), 413–446. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30367-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30367-6)

- McKhann, G. M., Knopman, D. S., Chertkow, H., Hyman, B. T., Jack, C. R., Kawas, C. H., ... & Phelps, C. H. (2011). The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups. *Alzheimer's & Dementia*, 7(3), 263–269. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.03.005>
- Mukadam, N., Cooper, C., Basit, B., & Livingston, G. (2011). Why do ethnic elders present later to UK dementia services? A qualitative study. *International Psychogeriatrics*, 23(7), 1070–1077. <https://doi.org/10.1017/S1041610211000214>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
- Nichols, E., Steinmetz, J. D., Vollset, S. E., Fukutaki, K., Chalek, J., Abd-Alah, F., ... & Murray, C. J. L. (2022). Estimation of the global prevalence of dementia in 2019 and forecasted prevalence in 2050. *The Lancet Public Health*, 7(2), e105–e125. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00249-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00249-8)
- Norton, S., Matthews, F. E., Barnes, D. E., Yaffe, K., & Brayne, C. (2014). Potential for primary prevention of Alzheimer's disease: An analysis of population-based data. *The Lancet Neurology*, 13(8), 788–794. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70136-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70136-X)
- Prince, M., Comas-Herrera, A., Knapp, M., Guerchet, M., & Karagiannidou, M. (2020). *World Alzheimer Report 2020: Design, delivery, and effectiveness of dementia care*. London: Alzheimer's Disease International. Retrieved from <https://www.alzint.org/what-we-do/research/world-alzheimer-report/>
- Scarmeas, N., Anastasiou, C. A., & Yannakoulia, M. (2018). Nutrition and prevention of cognitive impairment. *The Lancet Neurology*, 17(11), 1006–1015. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30338-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30338-7)
- Shulman, K. I. (2000). Clock-drawing: Is it the ideal cognitive screening test? *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 15(6), 548–561. [https://doi.org/10.1002/1099-1166\(200006\)15:6<548::AID-GPS242>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1099-1166(200006)15:6<548::AID-GPS242>3.0.CO;2-U)
- Spector, A., Thorgrimsen, L., Woods, B., Royan, L., Davies, S., Butterworth, M., & Orrell, M. (2003). Efficacy of an evidence-based cognitive stimulation therapy programme for people with dementia: Randomised controlled trial. *British Journal of Psychiatry*, 183(3), 248–254. <https://doi.org/10.1192/bjp.183.3.248>
- Werner, P., Goldstein, D., Karpas, D. S., Chan, L., & Lai, C. (2014). Help-seeking for dementia: A systematic review of the literature. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 28(4), 299–310. <https://doi.org/10.1097/WAD.0000000000000046>

- Weller, J., & Budson, A. (2018). Current understanding of Alzheimer's disease diagnosis and treatment. *F1000Research*, 7, F1000 Faculty Rev-1161. <https://doi.org/10.12688/f1000research.14506.1>
- World Health Organization. (2019). *Risk reduction of cognitive decline and dementia: WHO guidelines*. Geneva: WHO. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550543>

Çok Disiplinli Sağlık Bilimlerinde Özel Güncel Konular

Editör:

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ