

Zor Havayolu Yönetiminde Kuramsal Yaklaşımlar ve Klinik Stratejiler

Kenan Kart¹

Özet

Zor havayolu yönetimi, anesteziyoloji ve yoğun bakım uygulamalarında hasta güvenliğini doğrudan etkileyen en önemli alanlardan biridir. Bu bölümde zor havayolu kavramı; anatomik ve fizyopatolojik temeller, risk faktörleri, öngörücü değerlendirme yöntemleri ve kullanılmakta olan skorlama sistemleri çerçevesinde incelenmektedir. Ayrıca videolarinoskopi, fiberoptik bronkoskopi ve supraglottik havayolu araçları gibi güncel yaklaşımların klinik etkinliği değerlendirilmekte; erişkin ve pediatrik hasta gruplarında uygulanan stratejiler ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Kurtarma algoritmaları, front-of-neck access (FONA) yöntemleri ve özel popülasyonlara özgü klinik karar süreçleri de kapsam içine alınmıştır. Böylece kuramsal bilgi birikimi ile klinik uygulamalar bütünleştirilerek, hem akademik hem de pratik düzeyde katkı sağlayan kapsamlı bir bakış açısı sunulmaktadır.

1. Giriş

1.1. Zor Havayolu Kavramının Tanımı ve Tarihsel Gelişim

Havayolu yönetimi, anesteziyoloji pratiğinin en kritik bileşenlerinden biri olup, cerrahi ve yoğun bakım süreçlerinde hasta güvenliğini doğrudan etkilemektedir (Benumof, 1991). “Zor havayolu” terimi, entübasyon veya ventilasyon girişimlerinde standart yöntemlerle başarılı olunamaması ya da olağan dışı güçlüklerin yaşanması şeklinde tanımlanır (Apfelbaum et al., 2022). Bu güçlükler maske ile ventilasyon, supraglottik havayolu yerleştirilmesi, trakeal entübasyon veya acil cerrahi havayolu açılması aşamalarında ortaya çıkabilir (Cook et al., 2011).

1 Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, E-posta: kenankart@karabuk.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-7112-8878

Zor havayolu kavramı, tarihsel olarak anesteziyoloji disiplininin gelişiminde belirleyici rol oynamıştır. 20. yüzyılın ortalarında endotrakeal entübasyonun yaygınlaşmasıyla birlikte, entübasyon güçlüklerinin hasta sonuçlarını olumsuz yönde etkilediği görülmüş; bu durum uluslararası kılavuzların hazırlanmasına zemin hazırlamıştır (Herlich, 1997). Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren Amerikan Anesteziyologlar Derneği (ASA) ve Difficult Airway Society (DAS) tarafından yayımlanan rehberler, havayolu yönetiminin sistematik algoritmalar eşliğinde ele alınmasını sağlamıştır (Practice guidelines for management of the difficult airway, 1993; Frerk et al., 2015). Günümüzde zor havayolu yalnızca teknik bir problem değil, aynı zamanda multidisipliner bir hasta güvenliği sorunu olarak değerlendirilmektedir (Chrimes, 2016).

1.2. Epidemiyoloji ve Klinik Önemi

Zor entübasyonun insidansı farklı hasta popülasyonlarında değişkenlik göstermektedir. Literatürde genel popülasyonda zor entübasyon oranı %1,5 ile %8 arasında, maske ile ventilasyonda güçlük oranı ise %1,4 ile %5 arasında bildirilmektedir (Shiga et al., 2005). Elektif cerrahilerde bu oranlar nispeten düşük olmakla birlikte, acil girişimlerde ve yoğun bakım ortamında daha yüksek oranlara ulaşmaktadır (Higgs et al., 2018). Pediatrik, obstetrik ve obez popülasyonlarda ise insidansın daha da arttığı gösterilmiştir (Wong et al., 2005).

Zor havayolu yönetiminde başarısızlık ciddi komplikasyonlara neden olabilir. Bu komplikasyonlar arasında hipoksemi, aspirasyon, kardiyak arrest, beyin hasarı ve hatta mortalite yer almaktadır (Peterson et al., 2005). Kapalı dosya analizleri, havayolu komplikasyonlarının anesteziye bağlı ölümlerin önde gelen sebeplerinden biri olduğunu ortaya koymuştur (Pandit et al., 2014). Bu nedenle havayolu yönetiminde yalnızca teknik beceriler değil, öngörücü değerlendirme, risk sınıflandırması, ekip koordinasyonu ve kriz yönetimi de temel bileşenler olarak kabul edilmektedir (Heidegger, 2021).

1.3. Zor Havayolu Yönetiminin Güncel Yaklaşımı

Modern anesteziyoloji pratiğinde zor havayolu yönetimi, standart algoritmalara dayandırılmaktadır. ASA (2022) kılavuzu, zor havayolunun tanımını genişleterek hem planlı hem de acil durumlarda kullanılacak sistematik yaklaşım önerileri sunmaktadır (Mushambi et al., 2015). Benzer şekilde, DAS kılavuzları oksijenasyonun her durumda öncelikli hedef olduğunu vurgulamakta ve başarısız girişim sayısının sınırlandırılmasını önermektedir (Aziz et al., 2011).

Zor havayolu yönetiminde teknolojik gelişmeler de belirleyici hale gelmiştir. Videolarinoskopi, fiberoptik bronkoskopi ve supraglottik havayolu cihazları, entübasyon başarısını artıran ve komplikasyon oranlarını azaltan yöntemler arasında öne çıkmaktadır (Kristensen et al., 2015). Bununla birlikte, front-of-neck access (FONA) gibi cerrahi havayolu yaklaşımları, son çare olarak halen kritik önemini korumaktadır (Apfelbaum et al., 2022). Güncel yaklaşım, tüm bu yöntemlerin sistematik şekilde planlandığı, eğitim ve simülasyon ile desteklendiği bütüncül bir yönetim modeli üzerine inşa edilmiştir (Marshall, 2013).

2. Kuramsal Temeller

2.1. Havayolu Anatomisi

Üst havayolu anatomisi, zor havayolu yönetiminin temelini oluşturmaktadır. Orofarinks, hipofarinks ve larenks düzeyinde görülen anatomik varyasyonlar entübasyon güçlüğüne başlıca nedenleri arasında yer alır (Benumof, 1991). Obezite, retrognati, mikrognati ve kısa boyun gibi yapısal faktörler, larinks görünümünü kısıtlayarak entübasyonu zorlaştırır (Ezri et al., 2003). Pediatrik olgularda büyük dil, anterior yerleşimli larenks ve dar subglottik bölge, erişkinlerden farklı zorluk alanları oluşturur (Weiss & Engelhardt, 2010).

Havayolu anatomisi ile ilgili çalışmalarda, Mallampati sınıflamasının orofaringeal yapıların görünürlüğü ile entübasyon başarısı arasında korelasyon sağladığı gösterilmiştir (Mallampati et al., 1985). Buna ek olarak thyromental mesafe, sternomental mesafe ve interinsizör açıklık gibi ölçümler de entübasyon güçlüğüne öngörmede kullanılmaktadır (Khan et al., 2003). Ancak tek bir ölçümün tanısal doğruluğu sınırlı olduğundan, kombine değerlendirme yöntemleri önerilmektedir (Shiga et al., 2005).

2.2. Havayolu Fizyolojisi ve Fizyopatolojisi

Havayolu fizyolojisi, ventilasyonun sürekliliği ve oksijen rezervlerinin korunması açısından kritik öneme sahiptir. Fonksiyonel rezidüel kapasite, entübasyon sırasında apne süresince oksijenlenmenin sürdürülebilirliğini belirleyen başlıca parametredir (Nimmagadda et al., 2001). Obezite, gebelik ve pulmoner hastalık gibi durumlarda FRC azalır ve desatürasyon daha hızlı gelişir (Dixon et al., 2005).

Hipoksemi, zor havayolu yönetiminin en önemli komplikasyonudur ve mortalite ile doğrudan ilişkilidir (Peterson et al., 2005). Preoksijenasyon, bu nedenle tüm havayolu girişimlerinde temel bir basamaktır. Yüksek

akımlı nazal oksijen (HFNO) ve non-invaziv ventilasyon teknikleri, apneik oksijenasyonu uzatarak hipoksemi riskini azaltmaktadır (Patel & Nouraei, 2015).

2.3. Öngörücü Değerlendirme ve Skorlama Sistemleri

Zor havayolu yönetiminde öngörücü testlerin amacı, girişim öncesinde riskin belirlenmesidir. En sık kullanılan testler arasında Mallampati sınıflaması, thyromental mesafe, interinsizör açıklık, üst dudak ısırma testi ve tragus–alar taban mesafesi yer almaktadır (Mallampati et al., 1985; Khan et al., 2003; Etezadi et al., 2013). Meta-analizler, tek başına kullanılan testlerin düşük duyarlılığa sahip olduğunu, kombine skorlamaların (ör. LEMON, MACOCHA) ise öngörü gücünü artırdığını göstermiştir (Shiga et al., 2005; Reed et al., 2005).

Yoğun bakım ünitelerinde entübasyon sırasında kullanılan MACOCHA skoru; Mallampati sınıflaması, obstrüktif apne öyküsü, servikal mobilite, koma, hipoksemi ve deneyimli operatör varlığı gibi parametreleri içermektedir (De Jong et al., 2013). Bu skor, kritik hasta grubunda zor entübasyon riskini belirlemede pratik bir araç olarak önerilmektedir.

3. Oksijenasyon ve Pozisyonlama Stratejileri

3.1. Preoksijenasyonun Klinik Önemi

Preoksijenasyon, entübasyon öncesinde güvenli apne süresini uzatmak ve hipoksemi riskini azaltmak amacıyla uygulanan temel bir girişimdir. Güncel çalışmalar, entübasyon sırasında hipokseminin mortalite ile doğrudan ilişkili olduğunu ve etkin preoksijenasyonun komplikasyon oranlarını anlamlı ölçüde azalttığını göstermektedir (Russotto et al., 2022). Obezite, gebelik, kritik hastalık ve pediatrik yaş grubu gibi klinik durumlarda fonksiyonel rezidüel kapasite azalmakta ve preoksijenasyonun etkinliği sınırlanmaktadır (Nimmagadda, Salem, & Crystal, 2017). Bu nedenle bu hasta gruplarında ileri teknikler önerilmektedir.

3.2. Apneik Oksijenasyon ve Yeni Yaklaşımlar

Son beş yılda yapılan araştırmalar, yüksek akımlı nazal oksijen (HFNO) ve THRIVE tekniklerinin entübasyon sırasında güvenli apne süresini uzattığını ortaya koymuştur. Randomize kontrollü bir çalışmada, HFNO uygulamasının standart yüz maskesi ile yapılan preoksijenasyona kıyasla daha uzun apne toleransı ve daha yüksek minimum oksijen satürasyonu sağladığı bildirilmiştir (Guitton et al., 2019). Yoğun bakım ve acil servis popülasyonunda HFNO'nun etkinliği sistematik

derlemelerle de desteklenmiştir. Bu derlemelere göre, özellikle hipoksemi riski yüksek hastalarda HFNO ile apneik oksijenasyonun entübasyon başarısını artırdığı ve hipoksemi insidansını azalttığı vurgulanmaktadır (Nagata et al., 2022).

3.3. Pozisyonlama Stratejileri

Pozisyonlama hem oksijenasyonun korunmasında hem de entübasyon başarısında kritik rol oynamaktadır. Son yıllarda yapılan klinik çalışmalar, obez ve kritik hastalarda “ramped” ya da “head-elevated laryngoscopy position (HELP)” uygulamasının entübasyon başarısını artırdığını ve hipoksemi oranlarını azalttığını göstermektedir (Semler et al., 2017). Ayrıca gebelerde 25–30° baş yukarı pozisyonun aspirasyon riskini azaltmanın yanı sıra oksijen rezervlerini artırdığı belirtilmiştir (Hung et al., 2022). Pediatrik hastalarda ise başın nötral pozisyonunun ve omuz altına destek yerleştirilmesinin optimal laringoskopi görüntüsünü sağladığı bildirilmiştir (Kim et al., 2017).

4. İndüksiyon ve Entübasyon Stratejileri

4.1. İndüksiyon Ajanları ve Hazırlık

İndüksiyon sürecinde kullanılacak ajanların seçimi, hastanın fizyolojik durumu, aspirasyon riski ve dolaşım stabilitesi göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Etomidate, hipotansiyona duyarlı hastalarda tercih edilmekte; ketamin ise hem analjezik hem de kardiyovasküler stabilize sağlayıcı özellikleri nedeniyle özellikle şok veya septik durumlarda öne çıkmaktadır (Myatra et al., 2023). Ayrıca, indüksiyon-öncesi sıvı yüklemesi ve düşük doz vazopressör hazırlığı, kritik hastalarda entübasyon sırasında kardiyovasküler çökme riskini azaltmaya yardımcı olmaktadır (Yuan et al., 2025).

4.2. Rapid Sequence Induction (RSI) vs Uyanık Entübasyon

Rapid Sequence Induction (RSI), aspirasyon riskini azaltmak ve entübasyonu hızlandırmak amacıyla acil ve elektif olmayan durumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Collins & O’Sullivan, 2022). Ancak, hem entübasyon hem de ventilasyon açısından riskin çok yüksek olduğu durumda (örneğin anatomik veya fizyolojik zorluk öngörülüyorsa), uyanık entübasyon (awake intubation) tercih edilmektedir (Liaqat et al., 2025). Yapılan sistematik derlemeler, uyanık entübasyonun başarılı kullanımının, uygun sedasyon, lokal anestetik bloklar ve iyi hazırlık ile entübasyon başarısını artırdığını göstermektedir (Myatra et al., 2023).

4.3. Trakeal Tüp ve Yardımcı Araçların Seçimi

Videolarinoskopi (VL), doğrudan laringoskopiye kıyasla ilk geçiş başarı oranlarını artırmakta ve hatalı entübasyon, hipoksemi gibi komplikasyonları azaltmaktadır (Yuan et al., 2025). Stillet, bougie, fiberoptik bronkoskopi gibi yardımcı cihazlar özellikle anatomik olarak zor hava yollarında önemli avantaj sağlamaktadır (Myatra et al., 2023).

4.4. Sedasyon ve Analjezi Yaklaşımları

Uyanık entübasyon sırasında sedasyon ve analjezi stratejileri dikkatle planlanmalıdır; doz aşımı veya hava yolu reflekslerinin baskılanması, entübasyon sırasında güvenlik sorunlarına yol açabilir (Recent advances in airway management, Myatra et al., 2023). Ketamin ve remifentanil gibi ajanların kombinasyonu, sedatif-analjezik profilin optimize edilmesine olanak tanımaktadır (Yuan et al., 2025).

5. Kurtarma Algoritmaları ve Front-of-Neck Access (FONA)

5.1. Kavramsal Çerçeve ve Algoritmalar

“Can’t intubate, can’t ventilate (CICV)” veya “Can’t intubate, can’t oxygenate (CICO)” durumlarında uygulanacak kurtarma algoritmaları, zor havayolu yönetimindeki kritik dönüm noktalarındandır. Güncel literatür, bu durumlarda zaman kaybetmemenin, önceden belirlenmiş planlara sadık kalmanın ve kurtarma araçlarının hazır bulundurulmasının hayati önem taşıdığını vurgulamaktadır (Galway et al., 2023; Whatling & Chrisman, 2024). Algoritmalar; genellikle üç ana evreden oluşur: Plan A (entübasyon denemeleri), Plan B (supraglottik hava yolları veya yardımcı cihazlar), Plan C (maskeyle ventilasyon veya oksijenleme yollarının sağlanması), ve son evre olarak Plan D – FONA yöntemleri (Whatling, Jones, & Chrisman, 2024).

5.2. Front-of-Neck Access (FONA) Teknikleri

Front-of-Neck Access (FONA), özellikle CICO senaryolarında hızlı oksijen destek ünitesine geçişi sağlayan cerrahi veya perkutane teknikleri içermektedir. Whatling et al. (2024) tarafından yayımlanan anlatımsal derleme, elektif ve acil durumlarda FONA uygulamalarının başarı oranlarının, özellikle cerrahi tekniklerde yüksek, iğne-bazlı yöntemlerde ise daha düşük olduğunu göstermiştir (Whatling, Jones, & Chrisman, 2024).

Morton ve arkadaşlarının prehospital ortamlarda yaptıkları sistematik derleme sonucu, cerrahi FONA (scalpel bougie method) tekniklerinin iğne

tipi tekniklere göre daha yüksek başarı oranına sahip olduğu saptanmıştır (Morton et al., 2023).

5.3. Eğitim, Hazırlık ve İnsan Faktörleri

FONA'nın etkinliği sadece teknik bilgiyle değil, operatör deneyimi, ekip koordinasyonu, kriz simülasyonları, prosedür kartları ve standardize kitlerin hazır bulundurulmasıyla doğrudan ilişkilidir (Whatling, Jones, & Chrisman, 2024).

Acil durumlarda anatomik tanımlamaların zor olduğu obez veya servikal deformitesi olan hastalarda, krikotiroid membranın palpasyonu ve anatomik işaretlerin görselleştirilmesi için ultrason kullanımı gibi yöntemler eğitimde yer almaktadır (Whatling, Jones, & Chrisman, 2024).

5.4. Klinik Uygulama Örnekleri ve Başarı Verileri

- Prehospital uygulamalarda FONA tekniklerinin başarı oranı, cerrahi yöntemlerle iğne-özütlü yöntemlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur; bazı çalışmalar %90-%100 arası başarı bildirmektedir (Morton et al., 2023).
- Elektif cerrahi havayolu yönetiminde, FONA planı önceden belirlenmiş hastalarda, kurtarma senaryolarının simülasyonu tatbiki sonrası gerçek vakalarda daha kısa sürede uygulanmıştır (Whatling, Jones, & Chrisman, 2024).

6. Özel Popülasyonlarda Zor Havayolu Yönetimi

Zor havayolu yönetimi, farklı hasta popülasyonlarında değişen anatomik ve fizyopatolojik özellikler nedeniyle özel yaklaşımlar gerektirir. Pediatrik, obstetrik, obez ve kritik hasta grupları, entübasyon başarısının azalması ve komplikasyonların artması bakımından yüksek riskli gruplardır. Bu nedenle her popülasyon için farklı stratejilerin benimsenmesi hasta güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

6.1. Pediatrik Hastalar

Pediatrik popülasyonda zor havayolu yönetimi erişkinlerden belirgin farklılıklar gösterir. Dilin büyük olması, larenksin anterior ve kraniyal yerleşimi, dar subglottik alan ve kompliance yüksek göğüs duvarı gibi anatomik özellikler entübasyonu güçleştirmektedir (Weiss & Engelhardt, 2010). Bu nedenle entübasyon sırasında başın nötral pozisyonu ve omuz altına destek yerleştirilmesi optimal görüntüyü sağlamaktadır (Kim et al., 2017).

Fiberoptik bronkoskopi ve videolarinoskoplar, çocuklarda entübasyon başarısını artırmak için sık tercih edilen yöntemlerdir. Özellikle öngörülen zor havayolu olgularında uyanık fiberoptik entübasyon güvenli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (Weiss & Engelhardt, 2010).

6.2. Obstetrik Hastalar

Gebelerde anatomik ve fizyolojik değişiklikler zor havayolu yönetimini daha da karmaşık hale getirmektedir. Östrojen etkisine bağlı mukozal ödem, göğüs volümündeki değişiklikler ve hızlı desatürasyon riski önemli faktörlerdir (Mushambi et al., 2015). Bu nedenle gebelerde entübasyon öncesi preoksijenasyon süresi uzatılmalı ve mümkünse 25–30° baş yukarı pozisyon tercih edilmelidir (Hung et al., 2022).

Acil sezaryen gibi yüksek riskli durumlarda hızlı ardışık indüksiyon (RSI) standart yaklaşım olmakla birlikte, zor havayolu öngörülen olgularda supraglottik havayolu araçları kurtarıcı rol üstlenmektedir (Mushambi et al., 2015).

6.3. Obez Hastalar

Obezite, zor entübasyon riskini artıran en önemli faktörlerden biridir. Boyun çevresinde yağ dokusu artışı, farengeal kollaps eğilimi ve fonksiyonel rezidüel kapasitenin azalması entübasyonu güçleştirir (Ezri et al., 2003). Bu nedenle obez hastalarda “ramped” veya “head-elevated laryngoscopy position (HELP)” uygulaması önerilmektedir (Semler et al., 2017).

Ayrıca yüksek akımlı nazal oksijen (HFNO) ve THRIVE teknikleri, obez hastalarda apne süresini uzatarak entübasyon güvenliğini artırmaktadır (Patel & Nouraei, 2015).

6.4. Yoğun Bakım ve Acil Hasta Popülasyonu

Kritik hastalarda entübasyon, sıklıkla hipoksemi, hemodinamik instabilite ve acil şartlarda gerçekleştirildiği için yüksek mortalite riski taşır. Bu grupta zor entübasyon oranı elektif olgulara göre anlamlı derecede yüksektir (Higgs et al., 2018). MACOCHA skoru, yoğun bakım hastalarında zor entübasyon riskini belirlemede pratik bir araç olarak kullanılmaktadır (De Jong et al., 2013).

Yoğun bakım ve acil olgularda ilk girişimde başarı oranını artırmak için deneyimli bir operatörün bulunması, videolarinoskopi gibi ileri tekniklerin kullanılması ve kurtarma planlarının önceden hazırlanması önerilmektedir (Russotto et al., 2022; Liaquat et al., 2025).

7. Eğitim ve Simülasyon Yaklaşımları

Güncel literatüre göre zor havayolu yönetiminde eğitim ve simülasyon uygulamaları hem teknik hem de iletişimsel / ekip koordinasyonu becerilerini artırmada kritik rol oynamaktadır. Aşağıda bu alandaki yeni çalışmalar ışığında bu stratejilerin üstün yönleri, uygulama biçimleri ve sınırlamaları ele alınmıştır.

7.1. Simülasyon Eğitiminin Etkinliği

- Difficult airway management senaryolarında yapılan *simulation-based team training* çalışmaları hem teknik hem de teknik olmayan (non-technical) becerilerde anlamlı iyileşme göstermiştir. Örneğin, Paliwal ve ark. (2024) çok merkezli olmayan bir kurumda yaptıkları çalışma ile takım performansında, kriyokitoritomi (“cricothyroidotomy”) süresi, yardım çağırma ve ventilasyon girişimlerinin zamanlamasında belirgin düzelme sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır.
- Aynı çalışmada bu becerilerin altı ay sonra da bir miktar korunduğu, simülasyon eğitiminin öğrenme ve hatırlama açısından sürdürülebilirlik sağladığı belirtilmiştir.

7.2. Pediatrik Simülasyon Eğitimi

- C. Donath ve ark. (2025) çocuk hastanelerinde yapılan iki günlük yapılandırılmış simülasyon-tabanlı eğitim ile pediatrik resüsitasyon senaryolarında gelişmiş hava yolu yönetimi becerileri, uygun ekipman seçimi ve kalp kompresyonlarının endotrakeal entübasyon sırasında gereksiz duraksamalara düşemez hale gelmesinde iyileşme gözlemlenmiştir.
- Ayrıca, Zimmermann ve ark. (2024) tarafından yayımlanan “Airway management in pediatrics: improving safety” başlıklı derlemeye göre, neonatal ve infant hava yolu yönetimi için Avrupa Derneği (ESAIC-BJA) güncel yönergeleri, yalnızca anatomik/fizyolojik özellikleri değil, entübasyon sonrası ekstübasyon süreçlerini, ekip koordinasyonunu ve insan faktörlerini de dikkate alan öneriler içermektedir.

7.3. Teknoloji Destekli Eğitim Yöntemleri

- Virtual Reality (VR) ve adaptif öğrenme sistemleri, öğrenci seçimi ve beceri kazanımı açısından oldukça umut vaat etmektedir. Örneğin Battagazzorre ve ark. (2025) çalışmalarında VR tabanlı bir modül ile temel-ileri zor havayolu yönetimi prosedürleri öğretilmiş; geleneksel

yöntemlerle benzer bilgi kazanımı sağlanırken, eğitim süresi açısından daha verimli sonuçlar elde edilmiştir.

- VR ve fiziksel simülatörlerin karışımı, özellikle pediatrik hava yolu eğitimlerinde dokusal (tactile) becerilerin de gelişimini desteklemektedir. Dominy ve ark. (2023) “Advances in Pediatric Airway Simulation Training” çalışmasında, 3D-basılı modellerin ve sanal fiziksel simülatörlerin kombinasyonunun erişilebilirliği artırdığı, fakat anatomik doğruluk ve yumuşak doku simülasyonunun hâlâ eksik kaldığı vurgulanmaktadır.

7.4. Eğitim Sıklığı, Yöntemleri ve Takip

- Bielka ve ark. (2024), *cannot intubate, cannot ventilate* senaryoları üzerine yapılan simülasyon eğitiminin hemen sonrası ile altı ay sonraki etkisini kıyasladıklarında, kılavuzlara uygunluk, karar verme süresi, cricothyroidotomy uygulamasına geçiş süresi gibi parametrelerde anlamlı iyileşme olduğunu saptamışlardır. Ancak simülasyonun etkisinin zamanla azalabildiği, tekrarlayan eğitimlerin gerekliliği vurgulanmıştır.
- Ayrıca, *To intubate or to resuscitate* çalışmasında (Donath et al., 2025) ekipler arası iş birliği, senaryo süreleri ve yaşam desteği teknikleri ile hava yolu yönetimi arasındaki etkileşim önem kazanmıştır; entübasyon teknikleri seçimi, ventilasyon başlatma süresi gibi erken aşamalarda iyileşmeler gözlemlenmiştir.

7.5. Kılavuzlaştırma ve Protokol Uygulamaları

- EUSEM Statement (2024) gibi belgeler, acil hava yolu yönetiminde (Emergency Airway Management, EAM) her ekip üyesinin eğitimi, check-list kullanımı, rol dağılımı, başarısızlık planlarının önceden tartışılması gibi yönleri protokolize etmektedir.
- Pediatrik anestezi alanında eFONA (emergency front-of-neck access) tekniklerine dair güncel yaklaşım ve protokol önerileri Haag ve ark. (2024) tarafından ele alınmış, özellikle cerrahi havayolu gerektiren durumlarda acil prosedür planlaması ve yerel protokol adaptasyonu vurgulanmıştır.

Özet

Yeni çalışmalar göstermektedir ki:

- Simülasyon eğitimi hem bireysel hem de takım düzeyinde hem teknik hem de iletişimsel becerileri iyileştiriyor;

- Pediatrik ve kritik popülasyonlarda özel modüller, uygun ekipman seçimi ve anatomik/human factors farkındalığı eğitimin etkililiğini artırıyor;
- Teknolojik destek (VR, adaptif öğrenme, 3D modeller) eğitim maliyetini sınırlayıp erişilebilirliği artırıyor; ancak gerçek dokusal deneyim ve uzun süreli beceri koruması hâlâ geliştirilmesi gereken alanlar;
- Protokoller, kılavuzlar ve takım tabanlı roller, ön hazırlık ve başarısızlık durumlarında acil planlar oluşturulması önemli.

8. Sonuç ve Gelecek Perspektifler

Zor havayolu yönetimi, anesteziyoloji ve yoğun bakım pratiğinin en kritik ve multidisipliner alanlarından biridir. Günümüzde gelişmiş cihazlar, algoritmalar ve eğitim yöntemleri sayesinde mortalite ve morbidite oranlarında anlamlı iyileşmeler sağlanmıştır (Apfelbaum et al., 2022; Frerk et al., 2015). Bununla birlikte, özellikle pediatrik, obstetrik, obez ve kritik hasta popülasyonlarında beklenmedik zorluklar hâlen hasta güvenliğini tehdit etmektedir (Weiss & Engelhardt, 2010; Mushambi et al., 2015).

Gelecekte zor havayolu yönetiminde öne çıkan eğilimler üç ana başlık altında toplanabilir:

8.1. Teknolojik Yenilikler

Videolarinoskopi ve fiberoptik bronkoskopi gibi araçların rutin pratiğe entegrasyonu, entübasyon başarısını artırırken komplikasyon oranlarını azaltmaktadır (Aziz et al., 2011). Yeni nesil yüksek akımlı nazal oksijenasyon (HFNO) ve transnazal ventilasyon yöntemleri, özellikle obez ve kritik hastalarda güvenli oksijenasyon sürelerini uzatmaktadır (Patel & Nouraei, 2015; Haag et al., 2024). Ayrıca yapay zekâ destekli algoritmaların klinik karar süreçlerine entegre edilmesiyle risk öngörüsünde daha yüksek doğruluk sağlanması beklenmektedir.

8.2. Eğitim ve Simülasyon

Simülasyon tabanlı eğitim, hem teknik becerilerin hem de ekip koordinasyonu ve kriz yönetiminin geliştirilmesinde vazgeçilmez hale gelmiştir. Yakın tarihli çalışmalar, bu tür eğitimlerin öğrenilen bilgilerin uzun vadede korunmasına katkı sağladığını ve gerçek klinik performansı iyileştirdiğini göstermektedir (Paliwal et al., 2025; Donath et al., 2025). Ayrıca sanal gerçeklik (VR) ve üç boyutlu baskı teknolojileri, eğitim materyallerinin erişilebilirliğini artırmakta ve farklı klinik senaryoların

tekrarlanabilir şekilde çalışılmasına olanak tanımaktadır (Dominy et al., 2023).

8.3. Uluslararası İş Birliği ve Kılavuzlar

Avrupa ve Amerika merkezli derneklerin yayımladığı kılavuzlar, zor havayolu yönetiminde standartlaşmayı artırmıştır (Cook et al., 2011; Higgs et al., 2018). Bununla birlikte, yakın dönemde yayımlanan uluslararası bildiriler, acil hava yolu yönetiminde ortak protokollerin oluşturulması ve yerel uygulamaların bu protokollere uyarlanması gerektiğini vurgulamaktadır (Hohenstein et al., 2024).

Genel Değerlendirme

Sonuç olarak, zor havayolu yönetimi gelecekte multidisipliner iş birliği, teknoloji ve sürekli eğitim temelli bir yaklaşımla daha güvenli hale gelecektir. Klinik pratiğin yanı sıra araştırma ve eğitim alanında yapılacak yatırımlar, mortalite ve morbiditenin daha da azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Kaynaklar

- Apfelbaum, J. L., Hagberg, C. A., Connis, R. T., et al. (2022). 2022 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for management of the difficult airway. *Anesthesiology*, 136(1), 31–81. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000004002>
- Aziz, M. F., Healy, D., Kheterpal, S., Fu, R. F., Dillman, D., & Brambrink, A. M. (2011). Routine clinical practice effectiveness of the Glidescope in difficult airway management: An analysis of 2,004 Glidescope intubations, complications, and failures from two institutions. *Anesthesiology*, 114(1), 34–41. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3182023eb7>
- Battegazzorre, E., Gino, B., Strada, F. et al. (2025) Enhancing difficult airway management training: the role of virtual reality and adaptive learning. *Virtual Reality* 29, 22. <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01105-4>
- Benumof, J. L. (1991). Management of the difficult adult airway, with special emphasis on awake tracheal intubation. *Anesthesiology*, 75(6), 1087–1110. <https://doi.org/10.1097/00000542-199112000-00021>
- Bielka, K., Kuchyn, I., Fomina, H. et al. (2024) Difficult airway simulation-based training for anaesthesiologists: efficacy and skills retention within six months. *BMC Anesthesiol* 24, 44. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02423-x>
- Chrimes, N. (2016). The vortex: A universal “high-acuity implementation tool” for emergency airway management. *British Journal of Anaesthesia*, 117(Suppl 1), i20–i27. <https://doi.org/10.1093/bja/aew175>
- Collins, J., & O’Sullivan, E. P. (2022). Rapid sequence induction and intubation. *BJA Education*, 22(12), 484–490. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2022.09.001>
- Cook, T. M., Woodall, N., & Frerk, C.; Fourth National Audit Project. (2011). Major complications of airway management in the UK: Results of the Fourth National Audit Project. Part 1: Anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 106(5), 617–631. <https://doi.org/10.1093/bja/aer058>
- De Jong, A., Molinari, N., Terzi, N., et al. (2013). Early identification of patients at risk for difficult intubation in the intensive care unit: Development and validation of the MACOCHA score. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 187(8), 832–839. <https://doi.org/10.1164/rccm.201210-1851OC>
- Dixon, B. J., Dixon, J. B., Carden, J. R., et al. (2005). Preoxygenation is more effective in the 25° head-up position than in the supine position in severely obese patients: A randomized controlled study. *Anesthesiology*, 102(6), 1110–1115. <https://doi.org/10.1097/00000542-200506000-00009>
- Dominy, C. L., Downes, M., Weiss, O., Rabinowitz, G., Chen, S., & Londino, A. (2023). *Advances in Pediatric Airway Simulation Training: A Review of*

- Current Instructional Methods. Annals of Otolaryngology Head and Neck Surgery*, 2(2), 1-13. <https://doi.org/10.1097/AOHS.0000000000000182>
- Donath, C., Leonhardt, A., Stibane, T., et al. (2025). To intubate or to resuscitate: The effect of simulation-based training on advanced airway management during simulated paediatric resuscitations. *Advances in Simulation*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s41077-024-00326>
- Etezadi, F., Ahangari, A., Shokri, H., et al. (2013). Thyromental height: A new clinical test for prediction of difficult laryngoscopy. *Anesthesia & Analgesia*, 117(6), 1347–1351. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3182a8c734>
- Ezri, T., Medalion, B., Weisenberg, M., Szmuk, P., Wartens, R. D., & Charuzi, I. (2003). Increased body mass index per se is not a predictor of difficult laryngoscopy. *Canadian Journal of Anesthesia*, 50(2), 179–183. <https://doi.org/10.1007/BF03017853>
- Frerk, C., Mitchell, V. S., McNarry, A. F., et al. (2015). Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *British Journal of Anaesthesia*, 115(6), 827–848. <https://doi.org/10.1093/bja/aev371>
- Galway, U., Wang, M., Deeby, M., Zura, A., Riter, Q., & Abdelmalak, B. (2023). Recognition and management of the difficult airway: A narrative review and update on the latest guidelines. *Journal of Oral and Maxillofacial Anesthesia*, 2, Article 29. <https://doi.org/10.21037/joma-23-3>
- Guittou, C., Ehrmann, S., Volteau, C., et al. (2019). Nasal high-flow preoxygenation for endotracheal intubation in the critically ill patient: A randomized clinical trial. *Intensive Care Medicine*, 45(4), 447–458. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05529-w>
- Haag, A.-K., Tredese, A., Bordini, M., Fuchs, A., Greif, R., Matava, C., Riva, T., Scquizzato, T., & Disma, N. (2024). Emergency front-of-neck access in pediatric anesthesia: A narrative review. *Paediatric Anaesthesia*, 34(6), 1001-1012. <https://doi.org/10.1111/pan.1487>
- Heidegger, T. (2021). Management of the difficult airway. *New England Journal of Medicine*, 384(19), 1836–1847. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1916801>
- Herlich, A. (1997). *Fiberoptic endoscopy and the difficult airway* (2nd ed.). *Anesthesia & Analgesia*, 85(1), 233.
- Higgs, A., McGrath, B. A., Goddard, C., et al. (2018). Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *British Journal of Anaesthesia*, 120(2), 323–352. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2017.10.021>
- Hohenstein, C., Merz, S., Eppler, F., Arslan, V., Ayvaci, B. M., & Ünlü, L., for the European Society for Emergency Medicine. (2024). Emergency airway management: An EUSEM statement with regard to the guidelines

- of the Society of Critical Care Medicine. *European Journal of Emergency Medicine*, 31(2), 83–85. <https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000001114>
- Hung, T. S., Viknaswaran, N., Lau, J., Cheong, C., & Wang, C. (2022). Effectiveness of preoxygenation during endotracheal intubation in a head-elevated position: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, 54(5), 413–424. <https://doi.org/10.5114/ait.2022.123197>
- Khan, Z. H., Kashfi, A., & Ebrahimkhani, E. (2003). A comparison of the upper lip bite test with modified Mallampati classification in predicting difficulty in endotracheal intubation: A prospective blinded study. *Anesthesia & Analgesia*, 96(2), 595–599. <https://doi.org/10.1097/00000539-200302000-00053>
- Kristensen, M. S., Teoh, W. H., & Baker, P. A. (2015). Percutaneous emergency airway access: Prevention, preparation, technique and training. *British Journal of Anaesthesia*, 114(3), 357–361. <https://doi.org/10.1093/bja/aeu029>
- Liaquat, T., Amjad, M. A., & Cherian, S. V. (2025). Difficult airway management in the intensive care unit: A narrative review of algorithms and strategies. *Journal of Clinical Medicine*, 14(14), 4930. <https://doi.org/10.3390/jcm14144930>
- Mallampati, S. R., Gatt, S. P., Gugino, L. D., et al. (1985). A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: A prospective study. *Canadian Anaesthetists' Society Journal*, 32(4), 429–434. <https://doi.org/10.1007/BF03011357>
- Marshall, S. (2013). The use of cognitive aids during emergencies in anesthesia: A review of the literature. *Anesthesia & Analgesia*, 117(5), 1162–1171. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e31829c397b>
- Morton, S., Avery, P., Kua, J., & O'Meara, M. (2023). Success rate of prehospital emergency front-of-neck access (FONA): A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*, 130(5), 636–644. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2023.01.022>
- Mushambi, M. C., Kinsella, S. M., Popat, M., Swales, H., Ramaswamy, K. K., Winton, A. L., ... Bamber, J. H. (2015). Obstetric Anaesthetists' Association and Difficult Airway Society guidelines for the management of difficult and failed tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia*, 70(11), 1286–1306. <https://doi.org/10.1111/anae.13260>
- Myatra, S. N., Dhawan, I., D'Souza, S. A., Elakkumanan, L. B., Jain, D., & Natarajan, P. (2023). Recent advances in airway management. *Indian Journal of Anaesthesia*, 67(1), 48–55. https://doi.org/10.4103/ija.ija_26_23

- Nagata, K., Horie, T., Chohnabayashi, N., et al. (2022). Home high-flow nasal cannula oxygen therapy for stable hypercapnic COPD: A randomized clinical trial. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 206(11), 1326–1335. <https://doi.org/10.1164/rccm.202201-0199OC>
- Nimmagadda, U., Chiravuri, S. D., Salem, M. R., et al. (2001). Preoxygenation with tidal volume and deep breathing techniques: The impact of duration of breathing and fresh gas flow. *Anesthesia & Analgesia*, 92(5), 1337–1341. <https://doi.org/10.1097/00000539-200105000-00049>
- Nimmagadda, U., Salem, M. R., & Crystal, G. J. (2017). Preoxygenation: Physiologic basis, benefits, and potential risks. *Anesthesia & Analgesia*, 124(2), 507–517. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001589>
- Paliwal, N., Bihani, P., Ramachandra, G., Pai, D., Jaju, R., & Chakole, V. (2025). Impact of simulation-based training on difficult airway management among anesthesia trainees and nurses as real team. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*. Advance online publication. https://doi.org/10.4103/joacp.joacp_512_24
- Pandit, J. J., Andrade, J., Bogod, D. G., et al. (2014). 5th National Audit Project (NAP5) on accidental awareness during general anaesthesia: Summary of main findings and risk factors. *British Journal of Anaesthesia*, 113(4), 549–559. <https://doi.org/10.1093/bja/aeu313>
- Patel, A., & Nouraci, S. A. (2015). Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE): A physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia*, 70(3), 323–329. <https://doi.org/10.1111/anae.12923>
- Peterson, G. N., Domino, K. B., Caplan, R. A., Posner, K. L., Lee, L. A., & Cheney, F. W. (2005). Management of the difficult airway: A closed claims analysis. *Anesthesiology*, 103(1), 33–39. <https://doi.org/10.1097/00000542-200507000-00009>
- Practice guidelines for management of the difficult airway: A report by the ASA Task Force. (1993). *Anesthesiology*, 78(3), 597–602.
- Reed, M. J., Dunn, M. J., & McKeown, D. W. (2005). Can an airway assessment score predict difficulty at intubation in the emergency department? *Emergency Medicine Journal*, 22(2), 99–102. <https://doi.org/10.1136/emj.2003.008771>
- Russotto, V., Rahmani, L. S., Parotto, M., Bellani, G., & Laffey, J. G. (2022). Tracheal intubation in the critically ill patient. *European Journal of Anaesthesiology*, 39(5), 463–472. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001627>
- Semler, M. W., Janz, D. R., Russell, D. W., et al. (2017). A multicenter, randomized trial of ramped position vs sniffing position during endotracheal

- intubation of critically ill adults. *Chest*, 152(4), 712–722. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.03.061>
- Shiga, T., Wajima, Z., Inoue, T., & Sakamoto, A. (2005). Predicting difficult intubation in apparently normal patients: A meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology*, 103(2), 429–437. <https://doi.org/10.1097/00000542-200508000-00027>
- Weiss, M., & Engelhardt, T. (2010). Proposal for the management of the unexpected difficult pediatric airway. *Paediatric Anaesthesia*, 20(5), 454–464. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2010.03284.x>
- Whatling, E., & Chrisman, L. (2024). Adult front of neck airway: A narrative review. *Journal of Oral and Maxillofacial Anesthesia*, 3, 29. <https://doi.org/10.21037/joma-23-43>
- Wong, D. T., Lai, K., Chung, F. F., & Ho, R. Y. (2005). Cannot intubate–cannot ventilate and difficult intubation strategies: Results of a Canadian national survey. *Anesthesia & Analgesia*, 100(5), 1439–1446. <https://doi.org/10.1213/01.ANE.0000148695.37190.34>
- Yuan, J., Yang, P., Yu, L., Zhang, W., Yu, J., & Chen, Q. (2025). Comparison of video laryngoscopy with direct laryngoscopy in critically ill patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European Journal of Medical Research*, 30(1), 282. <https://doi.org/10.1186/s40001-025-02525-3>
- Zimmermann, L., Maiellare, F., Veyckemans, F. *et al.* Airway management in pediatrics: improving safety. *J Anesth* 39, 123–133 (2025). <https://doi.org/10.1007/s00540-024-03428-z>

