



Yoğun Bakım Ünitesinde Solunum Tedavisi

Deniz İNAL İNCE*

* Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu, ANKARA

Respiratory Therapy in the Intensive Care Unit

Key Words: Respiratory therapy, Physiotherapy, Intensive care unit.

Anahtar Kelimeler: Solunum tedavisi, Fizyoterapi, Yoğun bakım ünitesi.

Yoğun bakım ünitesi (YBÜ)'nde yatan hastalara uygulanan tedavilerin önemli bir bölümü, solunum sisteminden kaynaklanan problemlerin çözülmesi veya solunum sisteminin fonksiyonlarının desteklenmesini amaçlar. Uygulanan destek, maske ile oksijen tedavisi uygulanmasından, endotrakeal entübasyon aracılığıyla invaziv mekanik ventilasyon (MV) uygulanmasına kadar değişim gösterebilir. Önemli bir bölümü yüksek teknoloji kullanımına dayanan ve özel beceri gerektiren yoğun bakım solunum tedavisi uygulamaları, fizyolojik prensiplere dayanır ve bu konuda özel bilgi birikimine sahip, multidisipliner bir ekip tarafından, hastanın bireysel ihtiyaçları doğrultusunda uygulanır. Yoğun bakım, göğüs hastalıkları, anestezi, fizyoterapi, hemşirelik ve klinik mühendislik alanlarını biraraya getirir^[1-3]. So-

lunum fonksiyon testi, arteryel kan gazı analizi, endotrakeal entübasyon, hava yolu bakımına yönelik uygulamalar, invaziv ve noninvaziv MV ve ilgili fonksiyonlar, oksijen tedavisi, aerosol tedavisi, hava yolu temizleme teknikleri ve akciğer volüm kaybını düzelten yaklaşımlar gibi solunum sistemi ile ilgili olarak YBÜ'de yapılan uygulamaları içerir (Tablo 1)^[2-4]. Bu derlemede, erişkin YBÜ'de solunum sisteminden kaynaklanan problemlerin tedavisinde sıklıkla kullanılan uygulamalar ele alınmıştır. Diagnostik amaçlı uygulamalar, acil müdahale amacıyla yapılan uygulamalar ve klinik izlem ile ilgili olan uygulamalar bu derlemenin kapsamı dışındadır.

NEMLENDİRME (HUMİDİTE) TEDAVİSİ

Klinikte nemlendirme tedavisinin en önemli olduğu uygulama, üst hava yollarının yapay

Yazışma Adresi: Dr. Deniz İNAL İNCE

Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon
Yüksek Okulu, 06100, Samanpazarı-ANKARA
e-mail: dince@hacettepe.edu.tr

Makalenin Geliş Tarihi: 13.07.2004

Makalenin Kabul Tarihi: 20.07.2004

Tablo 1. Yoğun bakım ünitesinde solunum tedavi uygulamaları^[4].

- Hasta değerlendirmesi
- Hava yolu bakımı
 - Trakeostomi tüpünün değiştirilmesi ve bakımı
 - Endotrakeal entübasyon veya entübasyona yardım
 - Endotrakeal tüpün yeniden stabilize edilmesi veya pozisyonlanması
 - Cuff basıncı ölçümü ve izlemi
 - Yapay hava yolunun ekstübasyonu
 - Nazal yapay hava yolunun yerleştirilmesi
 - Yardımcı konuşma valfinin yerleştirilmesi veya çıkarılması
 - Kapalı devre aspirasyon sisteminin yerleştirilmesi
 - Aspirasyon riskinin değerlendirilmesi (Boya çalışması)
- Akciğer volümünü arttıran yaklaşımlar ve hava yolu temizleme teknikleri
 - Solunum egzersizleri
 - İnsentif spirometre
 - Aralıklı pozitif basınç solunumu
 - Sürekli pozitif hava yolu basıncı
 - EzPAP pozitif hava yolu basıncı tedavi sistemi
 - Pozisyonlama, postüral drenaj, manual teknikler
 - Öksürme, manual yardımlı öksürme, mekanik “insufflation-exsufflation”
 - Zorlu ekspirasyon tekniği
 - Aktif solunum teknikleri döngüsü
 - Pozitif ekspiratuar basınç tedavisi
 - Manual hiperinflasyon
 - Nazotrakeal ve endotrakeal aspirasyon
- Aerosol tedavisi ve oksijen tedavisi
 - Nebülizatör sisteminin hazırlanması, hasta-nebülizatör sisteminin değerlendirilmesi
 - Ölçülü doz inhaler uygulaması, hasta eğitimi
 - Oksijen tedavi sisteminin hazırlanması, hasta-sistem etkileşiminin değerlendirilmesi
 - Oksijen tedavisi aracının değiştirilmesi
- Diagnostik işlemler ve hasta izlemi
 - Arteriyel kan gazı örneği alınımı (perkütan, kateter) ve analizi
 - Arteriyel kateter yerleştirilmesi, pulmoner arter kateterinin hazırlanması
 - İndirekt kalorimetre kurulması, kalibrasyonu ve hasta-sistem değerlendirilmesi
 - End tidal karbondioksit izleme sisteminin hazırlanması ve hasta-sistem değerlendirilmesi
 - Pulse oksimetrenin hazırlanması, hasta-sistem değerlendirilmesi, desatürasyon çalışması ve noktürnal izlem verilerinin analizi
 - Transkütanöz izleme sisteminin hazırlanması, periyodik kalibrasyonu, hasta-sistem değerlendirilmesi ve elektrotların yeniden yerleştirilmesi
 - İmpedans apne izlem sisteminin hazırlanması ve hasta-sistem değerlendirilmesi
 - Pulmoner mekaniklerin değerlendirilmesi ve spirometrik ölçüm
 - Elektrokardiyogram

Tablo 1. Yoğun bakım ünitesinde solunum tedavi uygulamaları^[4] (devamı).

• İnvaziv ve noninvaziv mekanik ventilasyon
Mekanik ventilasyonun başlatılması
Hasta-ventilatör sisteminin değerlendirilmesi
Ventilatör parametrelerinin değiştirilmesi
Kullanılan ek araçların değiştirilmesi
Ventilatör devresinin değiştirilmesi
Terapötik ventilatör manevrası (recruitment)
Yüzükoyun pozisyonlama
Statik basınç-akım eğrisi
• Diğer uygulamalar
Nitrik oksit sisteminin hazırlanması, kalibrasyonu ve hasta-sistem değerlendirmesi
Nitrik oksit sisteminin parametrelerinin değiştirilmesi
Helioks sisteminin hazırlanması ve hasta-sistem değerlendirmesi
Sürfaktan uygulaması

hava yolu kullanımı ile atlandığı MV uygulamasıdır^[5]. Solunum sistemine tedavi amacıyla uygulanan gazların, hava yollarındaki nemlilik düzeyleri ile uyumlu olması gerekir. İnspire edilen gazların solunum yollarında vücut ısısına ve nemlilik düzeyine ulaştığı noktaya izotermik doygunluk sınırı denir. Karinanın hemen altında yer alan bu seviyenin altında, sıcaklık ve nem oranlarında dalgalanma olmaz. Bu seviyenin üzerindeki hava yolu, inspire edilen gazlara ısı ve nem ekler; ekspire edilen gazlardan ise, ısı ve nem ayırır^[6]. Endotrakeal tüp ve trakeostomi tüpü ile üst hava yollarının atlanması, ventilatör devresinde nemlendirme işlevini yerine getiren bir aracın kullanımını zorunlu kılar. Uygun nemlendirilmemiş gazların uzun süre solunması, hipotermi, hava yolu irritabilitesinde ve sekresyonların yapışkanlığında artış, mukosilyer fonksiyon bozukluğu, hava yolu epitelinde yapısal bozulma, pulmoner kompliyansa azalma, atelektazi ve hipoksi gelişimi ile sonuçlanır^[5,6].

Yapay hava yolu olan hastalarda nemlendirme için, aktif nemlendirme sistemleri (ısıtılmalı nemlendiriciler) veya pasif nemlendirme sistemleri (ısı-nem filtreleri) kullanılır. Aktif nemlendiricilerde gaz, ısıtılan suyun içinden veya üzerinden geçer. Bu tip nemlendiriciler, inspire edilen gazın ısı ve nem içeriğini aktif olarak artırır ve belirli bir ısıda sabit tutar. Vücut ısısına yakın sıcaklıklarda %100

nemlendirme sağlayabilirler^[5]. Aktif nemlendiricilerde, sıcaklığın 32-34°C'ye ayarlanması ve rezervuardaki su seviyesinin belirli bir düzeyde devam ettirilmesi gerekir^[6]. Son yıllarda erişkinlerde, hastaya verilen gazın sıcaklığının daha iyi kontrol edilmesi ve potansiyel nozokomiyal enfeksiyon kaynağı olan devrede sıvı birikimi sorununun önlenmesi amacıyla ısıtılmalı hasta devrelerinin kullanımı gündeme gelmiştir^[5,6]. Ancak henüz bu devrelerin kullanımı ile ventilatörle ilişkili pnömoni (VIP) görülme sıklığının azaldığına ilişkin yeterli bilgi bulunmamaktadır^[5]. Pasif nemlendirme sağlayan ısı-nem filtresi, hastanın ekspirasyon havasındaki ısı ve su buharını tutar. Tuzaklanan ısı ve nem bir kısmı, bir sonraki inspirasyon sırasında tekrar hastanın hava yoluna iletilir^[5]. Isı-nem filtrelerinin, enfeksiyon kontrolü veya aletin teknik performansını koruma amacıyla hergün değiştirilmesine gerek yoktur. En az 48 saat süre ile kullanımının güvenli olduğu gösterilmiştir^[7].

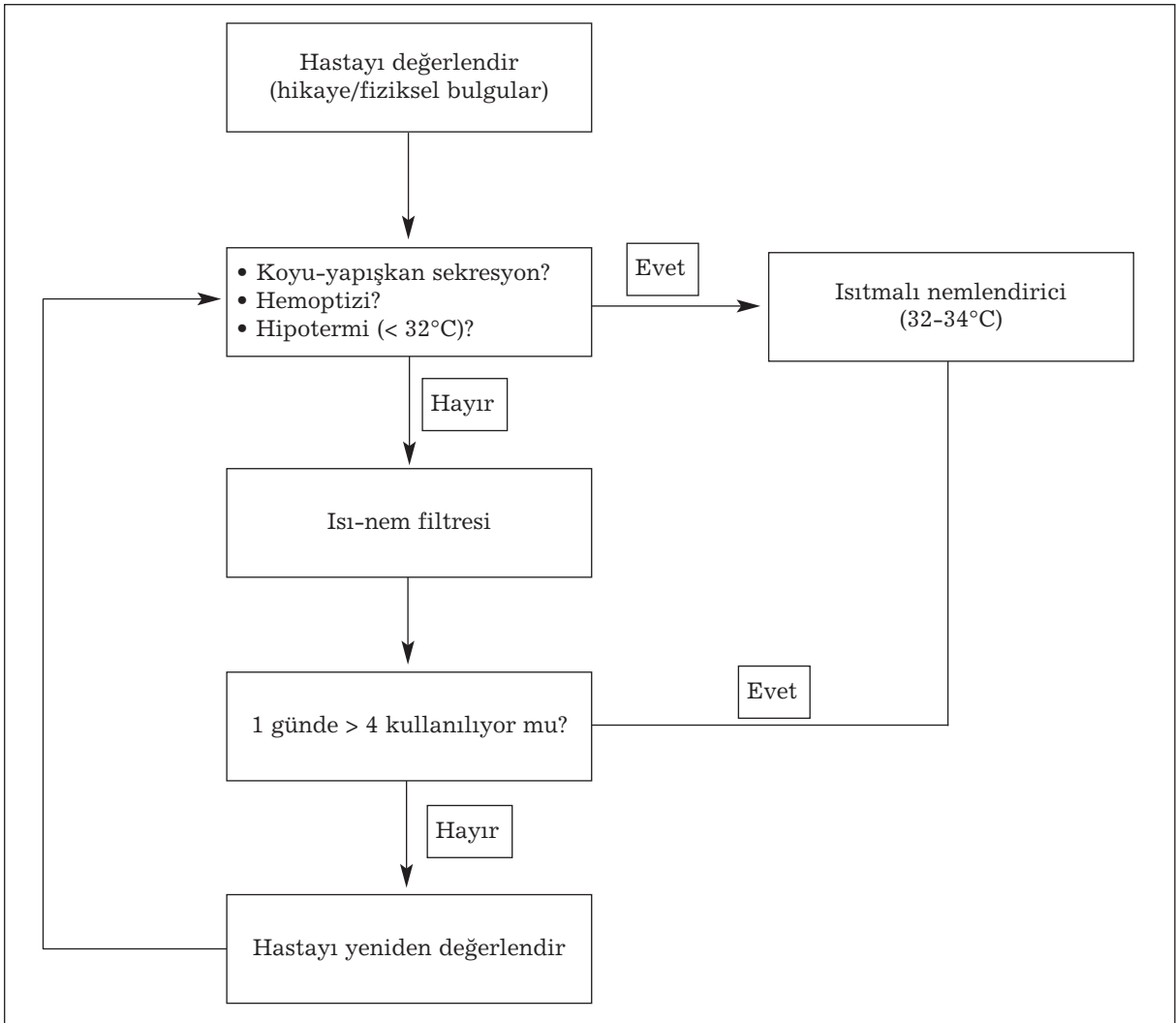
Isı-nem filtreleri kullanılırken bazı noktaların göz önünde bulundurulması gerekir^[5]. Aletin neden olduğu rezistif yük, solunum işinde, arteriyel karbondioksit düzeyinde ve dakika ventilasyonunda artışa neden olabilir^[8,9]. Aerosol ilaçlar, ısı-nem filtresinde tuzaklanarak, hava yolu direncinde artmaya ve hastanın alacağı ilaç dozunun azalmasına neden olabilir. Bunun önlenmesi için, ölçülü doz inhaler adap-

törünün hasta devresinde ısı-nem filtresinin proksimaline yerleştirilmesi gerekir. Aerosol ilaç uygulaması için nebulizatör kullanılıyorsa, uygulama sırasında ısı-nem filtresi geçici olarak devreden çıkarılmalıdır^[10]. Koyu ve yapışkan sekresyonları olan hastalarda, hemoptizisi olan hastalarda, hipotermisi ($< 32^{\circ}\text{C}$) olan hastalarda, ekspire edilen tidal volümü, uygulanan tidal volümün %70'inin altında olan hastalarda (örneğin; bronkoplevral fistül, endotrakeal tüp cuff'ının uygun çalışmaması) ve spontan dakika ventilasyonu yüksek olan (≥ 10 L/dakika) hastalarda ısı-nem filtrelerinin kullanımı önerilmektedir (Şekil 1)^[6].

OKSİJEN TEDAVİSİ

Oksijen tedavisi, hipoksi gelişimini önlemek veya hipoksi belirti ve bulgularını tedavi etmek

amacıyla kullanılır^[11,12]. Temel olarak, hipoksemi olan hastalara [oda havasını solurken arteriyel oksijen parsiyel basıncı (PaO_2) < 60 mmHg veya arteriyel oksijen saturasyonu (SaO_2) $< \%90$] ve kan oksijen düzeyleri belirli bir klinik durum için istenen seviyenin altında olan hastalara uygulanır^[12]. Yapılan çalışmalar, erişkinlerde oksijen tedavisi sırasında %50'ye kadar olan oksijen konsantrasyonu (FiO_2) düzeylerinin akciğer hasarı oluşturmadığını göstermiştir^[13]. %50 ve üzerindeki FiO_2 uygulaması ile absorpsiyon ateletazisi, oksijen toksisitesi ve siliyer fonksiyonda bozulma ortaya çıkabilmektedir^[12]. Genel bir kural olarak, %100 oksijen uygulamasının mümkün olduğunda 24 saatin altında tutulması; FiO_2 'nin iki gün içinde %70'e ve beş gün içinde de %50 ve altına indirilmesi önerilmektedir^[14].



Şekil 1. Yoğun bakım ünitesinde ısı-nem filtrelerinin kullanımı^[6].

Kronik hiperkapnisi olan spontan soluyan hastalara orta-yüksek dozda oksijen verildiğinde, hipoksik solunum başlatma baskılanır ve ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu ortaya çıkar^[11,12]. Bu hastalarda, orta-yüksek dozda oksijen tedavisi ile ventilasyonda ortalama %20 azalma ve arteriyel karbondioksit parsiyel basıncında (PaCO₂) 20 mmHg artış olduğu gösterilmiştir^[15]. Düşük dozda (FiO₂ %24-28) oksijen kullanılarak tedaviye başlanmalı; daha yüksek dozların kullanımı gerekiyorsa, sık arteriyel kan gazı izlemi yapılmalıdır^[16].

Oksijen tedavisi uygulaması sırasında en sık kullanılan yöntemler nazal kanül ve basit oksijen maskesidir. Nazal kanül, düşük akımlı bir oksijen sistemidir ve hastanın inspiratuar akım hızının altındaki akım hızlarında oksijen verebilir (Tablo 2). 4 L/dakika'nın altındaki akım hızlarında nemlendirme eklenmeden kullanılabilir^[12]. Uygulanan FiO₂ oranı, hastanın inspiratuar akım hızındaki değişimlerinden etkilenir ve tam olarak kontrol edilemez. Basit oksijen maskesi, maske hacminin sisteme eklenmesi ile oksijen rezervuarını artırarak FiO₂ artışı sağlar (Tablo 2). Karbondioksitin yeniden solunmasını engellemek için bu maske ile en az 5 L/dakika akım hızının kullanılması gerekir^[11,12].

Kısmi yeniden solunabilir maske (partial rebreathing mask), basit oksijen maskesi ve onun alt kısmına eklenen rezervuar torbadan oluşur (Tablo 2). Oksijen akımı, inspirasyon sırasında rezervuar torbanın en az üçte biri dolu olacak şekilde ayarlanır. Kullanımı sırasında, ekspire edilen gazın ilk 1/3'lük bölümü rezervuar torbaya girer. Torba oksijen akımı ile dolduğunda ve ekspirasyonun 1/3'ü tamamlandığında, geri kalan gaz maskenin ekshalasyon

portundan dışarı atılır. Hastanın solunum paterni ve oksijen akımı değişikliklerinden etkilenir^[12]. Uygulama sırasında rezervuar torbanın serbestçe dolup boşalmasına dikkat edilmelidir.

Yeniden solunmayan maske (nonrebreathing mask), üzerindeki tek yönlü valfler dışında kısmi yeniden solunabilir maske ile benzerdir. Rezervuar torbanın üzerindeki tek yönlü valf, ekspire edilen gazın yeniden rezervuar torbaya girmesini engeller. Maskenin yan tarafındaki deliklerden birinin üzerindeki valf ise, oda havasının maskeye girişini kontrol eder. Oksijen akımı, rezervuar torba kollabe olmayacak şekilde ayarlanır (Tablo 2)^[12]. Maskenin kullanımı sırasında oluşan nem nedeniyle valflerin kapalı veya açık pozisyonda yapışmamasına dikkat edilmelidir.

Yüksek akımlı bir oksijen sistemi olan venturi maskesi, hastanın tepe akım hızına yakın akım hızlarında oksijen verilmesini sağlar (Tablo 2). Venturi maskesinde yüksek basınçlı oksijen kaynağı, etrafı hava portu ile çevrelenmiş dar bir oluğa yönlendirilir. Oksijen olukta hızla hareket ederken, etrafındaki porttan havayı emer. Port ne kadar genişse ve oksijenin oluktaki hızı ne kadar fazla ise, o kadar fazla hava emilir. Maskeye giren hava miktarı ne kadar fazla ise, hastaya verilen FiO₂ oranı o kadar azalır (Tablo 3). Venturi maskesi, solunum sıkıntısı olan erişkinlerde %35 ve üzerindeki akım hızlarında, hastanın inspiratuar akım hızı düzeyini karşılayamaz^[12]. Kullanımı sırasında maskenin hava portunun sürekli açık olmasına dikkat edilmelidir. Bu portun tıkanması, total akımı belirgin şekilde azaltarak, FiO₂'nin artmasına neden olabilir.

Tablo 2. Oksijen tedavisinde kullanılan sistemler^[12].

Kategori	Cihaz	Akım	FiO ₂	En iyi kullanım
Düşük akımlı	Nazal kanül	0.5-6 L/dakika	%24-40	Düşük FiO ₂ gerektiren stabil hasta
Rezervuar	Basit maske	5-10 L/dakika	%35-50	Acil durumlar, orta düzey FiO ₂ gerektiren kısa süreli tedavi
	Kısmi yeniden solunabilir maske	6-10 L/dakika	%30-70	Acil durumlar, orta düzey-yüksek FiO ₂ gerektiren kısa süreli tedavi
	Yeniden solunmayan maske	6-10 L/dakika	%60-80	Acil durumlar, yüksek FiO ₂ düzeyi gerektiren kısa süreli tedavi
Yüksek akımlı	Venturi maskesi	Değişken	%24-50	Düşük FiO ₂ gerektiren, stabil olmayan hastalar

FiO₂: Oksijen konsantrasyonu.

Tablo 3. Venturi maskesinde hava/oksijen oranları ve karşılık gelen FiO₂ değerleri.

Hava/oksijen oranı	Ayarlanan FiO ₂
25/1	%24
10/1	%28
8/1	%30
5/1	%35
3/1	%40
1.7/1	%50
1/1	%60
0.6/1	%70
0/1	%100

AEROSOL TEDAVİSİ

Yapay hava yolu ile MV uygulanan hastalarda bronkodilatör ilaç uygulaması, genellikle hasta devresine bir adaptör yerleştirilerek ve ölçülü doz inhaler kullanılarak yapılır^[16]. MV uygulaması sırasında aerosol depozisyonunu etkileyen çok sayıda faktör vardır (Tablo 4)^[16,17]. MV uygulanan hastalarda bronkodilatör uygulamasına cevap olarak, zirve inspiratuar basınçta (peak inspiratory pressure, P_{peak}) azalma, P_{peak} ve plato basıncı (plato pressure, P_{plat}) arasındaki farkın değişmesi, hava yolu direncinde $[R_{aw} (L/saniye) = (P_{peak} - P_{plat}) / Akım]$

azalma ve intrinsek pozitif ekspirasyon sonu basıncında (PEEP) azalma ortaya çıkması, uygulamanın etkin olduğunu gösterir. Bunun yanı sıra, dinlemekle solunum seslerinde düzelme olması beklenir. Ekshale edilen volümde artış, ekspirasyon süresinde azalma, akım-zaman eğrisinde daha hızlı bir ekspirasyon akımı ve ekspiratuar solunum işinde azalma olması da bronkodilatör tedavisinin etkin olduğunu ifade eden diğer göstergelerdir^[18].

YBÜ'de, spontan solunumu olan hastalarda aerosol uygulaması amacıyla genellikle nebülizatör veya ölçülü doz inhaler kullanılır. Nebülizatör için maske veya ağızlık kullanılabilir. Bunun ilaç partiküllerini etkin şekilde filtre etmesinin önlenmesi için, hastanın her iki uygulama sırasında da, ağızdan nefes alması önerilmektedir^[10]. Ölçülü doz inhaler doğru uygulama tekniği ile kullanıldığında, %10-25 aerosol depozisyonu sağlanabilir^[19]. Ölçülü doz inhaler, inspirasyon ile koordine edilemediğinde, hasta ve inhaler arasına bir ara ünitenin (spacer) eklenmesi gerekir^[19]. Hastanın spontan ventilasyonu yetersiz olduğunda (örneğin; kifoskolyoz, nöromusküler hastalıklar, solunum yetmezliği), aerosol tedavisi pozitif basınç uygulaması ile birleştirilebilir^[20]. Şiddetli hava yolu obstrüksiyonu olan hastalarda, uygulama için gerekli inspiratuar akım hızına (en az 30-60 L/dakika) ula-

Tablo 4. Yapay hava yolu ile mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda aerosol depozisyonunu etkileyen faktörler^[16].

Ventilatör ile ilişkili olan faktörler	Ventilasyon modu Tidal volüm İnspirasyon-ekspirasyon oranı İnspiratuar dalga formu Solunumu başlatan mekanizma
Hasta devresi ile ilgili faktörler	Kullanılan adaptör ve adaptörün devredeki pozisyonu Endotrakeal tüpün boyutu Nemlilik düzeyi Gazın yoğunluğu ve viskozitesi
İlaç ile ilgili faktörler	Doz MDI'nın solunum siklusu sırasındaki zamanlaması Partikül boyutu
Hasta ile ilgili faktörler	Hava yolu obstrüksiyonunun şiddeti Hava yolu obstrüksiyonunun mekanizması Dinamik hiperinflasyon ve intrinsek PEEP'in varlığı Hasta-ventilatör uyumsuzluğunun varlığı

MDI: Ölçülü doz inhaler, PEEP: Pozitif ekspirasyon sonu basıncı.

şılması güç olduğundan, bu hastalarda kuru toz inhaler formunun kullanılması önerilmemektedir^[19].

AKCİĞER VOLÜMÜNÜ KORUYAN ve ARTTIRAN YAKLAŞIMLAR

YBÜ'de akciğer volümünün korunmasına yönelik olarak kullanılan birincil yaklaşım pozisyonlama ve erken mobilizasyondur. Bunun yanı sıra, atelettazi gelişiminin önlenmesi veya oluşmuş olan atelettazinin düzeltilmesi amacıyla transpulmoner basınç gradientini arttırarak akciğer volümünün arttırılmasını sağlayan uygulamalar kullanılmaktadır. Bu amaçla, plevra basıncını azaltan (solunum egzersizleri, insentif spirometre) veya alveoler basıncını arttıran (pozitif hava yolu basıncı) uygulamalardan yararlanılmaktadır (Tablo 5)^[20-23].

Pozisyonlama

Vücut pozisyonu, yerçekiminin etkisi ile ventilasyon derinliği ve paternini, perfüzyonu ve lenfatik drenajı etkiler. Bu nedenle, hastanın (uyanık olduğu) her bir-iki saatte bir döndürülmesi ve erken mobilizasyon, YBÜ'de primer akciğer volümünü koruma ve düzeltme yaklaşımı olarak, sekresyonların temizlenmesinde ve oksijenasyonun arttırılmasında kullanılmaktadır^[24-26]. Pozisyonlama, başlı başına bir tedavi modalitesi olarak kullanıldığı gibi, akciğer volümünü arttıran diğer yaklaşımlar veya hava yolu temizleme teknikleri ile kombine olarak kullanılabilir.

YBÜ'de sıklıkla hastalar sırt üstü pozisyonunda izlenir. Hasta bu pozisyonunda uzun süre kaldığında, akciğer volümünde azalma meydana gelir; sekresyonlar, aspire edilen mide içeriği ve

hücre dışı interstisyel sıvılar akciğerin graviteye bağımlı alanlarında birikir^[25,27]. Hastanın sırt üstü pozisyonundan lateral veya yüzükoyun pozisyona döndürülmesi, akciğer volümü (fonksiyonel rezidüel kapasite) ve oksijenasyonda belirgin artışla sonuçlanır^[25]. Atelettatik olan akciğer üstte kalacak şekilde yatırıldığında, elastik doku gerilir; hava yolları ve alveoller genişler. Kan, lenfatik sıvı ve hücre dışı sıvılar altta kalan akciğer dokusuna ilerlediğinden, üstte kalan akciğerin perfüzyonu azalır. Unilateral akciğer hastalığında, daha sağlıklı olan akciğerin aşağıya yerleştirilmesi, iyi ventile olan akciğer dokusunun iyi perfüze olan alanla eşleştirilmesi ile ventilasyon-perfüzyon uyumunu artırır^[21,25].

Yüzükoyun pozisyonlama, hemodinamiyi olumsuz yönde etkilemeksizin oksijenasyonu belirgin olarak arttırmaktadır^[21,25]. Bu etkinin, atelettazi, şant ve ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunun en şiddetli olduğu dorsal akciğer bölgelerinde hava yolu açılma basınçlarını aşan bir transpulmoner basınç üretmesinden; ventilasyon-perfüzyon uyumunun homojenliğini arttırmasından veya kalbin akciğerler üzerindeki baskısını kaldırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir^[28].

Son yıllarda, akciğer ekspansiyonunun sağlanması, oksijenasyonun arttırılması ve sekresyon birikiminin önlenmesi amacıyla kinetik terapi (sürekli lateral rotasyonel tedavi) uygulamasının kullanımı gündeme gelmiştir. Kinetik terapi, hastanın yatağın uzun eksenini boyunca $\geq 40^\circ$ açıda her iki yan tarafa yavaş ve sürekli olarak döndürülmesidir^[21,24,26]. Uygulama için özel yataklar kullanılır. Tedavinin amacı, akci-

Tablo 5. Akciğer volümünü arttıran yaklaşımlar.

Uygulama	Mekanizma
Pozisyonlama	Sekresyonlar ve hücre dışı sıvıların akciğerin bağımlı bölgelerinde birikiminin engellenmesi; üstte kalan akciğer dokusunun gerilmesi
Derin solunum egzersizleri	İnspiratuar solunum kaslarının kullanımı ile plevra basıncının azaltılması
İnsentif spirometre	Maksimal inspirasyonun sürdürülmesi
Pozitif hava yolu basıncı uygulaması	
IPPB	İnspirasyon fazı sırasında pozitif basınç uygulanması
CPAP	İnspirasyon ve ekspirasyon boyunca pozitif basınç uygulanması
EzPAP	İnspirasyonda solunum desteği, ekspirasyonda PEP uygulanması

IPPB: Aralıklı pozitif basınç solunumu, CPAP: Sürekli pozitif hava yolu basıncı, EzPAP: Pozitif hava yolu basıncı tedavi sistemi, PEP: Pozitif ekspiratuar basınç.

ğer ekspansiyonunun sağlanması, oksijenasyonun artırılması ve sekresyon birikiminin önlenmesidir. İmmobilize olan hastalarda, atelektazi gelişimini önlediği gösterilmiştir^[29].

Solunum Egzersizleri

Solunum egzersizleri, spontan solunumu olan ve tedaviye aktif katılabilen hastalarda, yeni ekstübe edilen hastalarda, üst abdominal cerrahi veya toraks cerrahisi geçiren hastalarda ve nöromusküler hastalığı olan hastalarda kullanılır. Atelektazi gelişme riski olan veya atelektazi gelişmiş olan hastalarda, ventilasyonun dağılımının sağlanması amacıyla derin bir inspirasyondan sonra üç saniye nefes tutularak uygulanır. Uygulama sırasında solunumun inspirasyon fazı aktiftir. Ekspirasyon, göğüs duvarı ve akciğerlerin elastik geri çekilimi ile pasif olarak sağlanır^[24,30]. Derin solunum egzersizlerinin üstüste uygulanması hiperventilasyona ve akut respiratuar alkaloz gelişimine neden olur. Bu nedenle, üç-dört torakal ekspansiyon egzersizinin ardından, solunum kontrolü uygulaması için birkaç saniye ara verilerek uygulanması ve yardımcı solunum kaslarının kullanımından kaçınılması gerekir^[24,30].

İnsentif Spirometre

İnsentif spirometre, hastayı görsel veya işitsel geribildirim yolu ile istemli derin nefes almaya yönlendiren bir araçtır. Maksimal inspirasyon manevrasının sürdürülmesine dayanır. Fonksiyonel rezidüel kapasiteden başlanarak, ideal olarak total akciğer kapasitesine ulaşılan kadar yapılan, yavaş, uzun ve derin bir inspirasyonun ardından, üç-beş saniye süre ile nefes tutulmasından oluşur^[22]. Uygulama sırasında yardımcı solunum kaslarının kullanımından kaçınılmalı ve ekspirasyon, solunum egzersizlerinde olduğu gibi, pasif olmalıdır. Akut respiratuar alkaloz gelişiminin önlenmesi amacıyla manevralar arasında en az 30 saniye ile bir dakika dinlenilmesi gerekir. Sağlıklı bireyler genellikle saatte ortalama altı kez derin nefes aldıklarından, insentif spirometre uygulamasının (hastanın uyanık olduğu) her saat başı en az beş-on kez tekrarlanması önerilir.

Pozitif Hava Yolu Basıncı Uygulamaları

Atelektazinin önlenmesi veya tedavi edilmesi amacıyla akciğerlere pozitif basınç, aralıklı pozitif basınç solunumunda [intermittent positive pressure breathing (IPPB)] olduğu gibi

sadece inspirasyon sırasında, pozitif ekspiratuar basınç [positive expiratory pressure (PEP)] uygulamasında olduğu gibi sadece ekspirasyon sırasında veya sürekli pozitif hava yolu basıncı [continuous positive airway pressure (CPAP)] uygulamasında olduğu gibi hem inspirasyon hem de ekspirasyon sırasında uygulanabilir^[20,23,31]. Genellikle pulmoner komplikasyon gelişimi riski yüksek olan hastalarda, mobilizasyon, derin solunum egzersizleri ve insentif spirometre gibi istemli tekniklere cevap vermeyen hastalarda, özellikle sırt üstü pozisyonda immobilize edilen hastalarda, kosta kırığı olanlarda, şiddetli pulmoner komplikasyon geliştiren ancak koopere olmayan veya konfüze olan hastalarda kullanılır^[23]. PEP uygulaması, genellikle akciğer sekresyonlarının mobilize edilmesi amacıyla kullanıldığından, hava yolu temizleme teknikleri bölümünde ele alınmıştır.

Aralıklı pozitif basınç solunumu (IPPB):

Spontan solunumu olan hastalarda kullanılan inspiratuar pozitif basınç uygulamasıdır. IPPB'nin inspiratuar fazı, alveoler basıncı artırır; ekspirasyon sırasında hava yolu basıncı atmosfer basıncına geri döner. IPPB, diğer uygulamalara cevap vermeyen kesin tanısı konmuş atelektazinin tedavisi amacıyla kullanılır^[20,23]. Diğer tekniklerle koopere olamayan yüksek riskli hastalarda da kullanımı söz konusudur. Hava yolunda sekresyon birikimi nedeniyle gelişen atelektazisinin tedavisinde tek başına bir tedavi modalitesi olarak kullanılmaz^[23]. Akut solunum yetmezliği olan hastalarda ventilasyonu yeterince destekleyemez. Bu nedenle, bu tip hastalarda diğer noninvaziv pozitif basınç yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir^[20]. Son yıllarda yapılan bir çalışmada, iki seviyeli pozitif basınç [bilevel positive airway pressure (BiPAP)] uygulamasıyla atelektazinin etkin şekilde tedavi edilebildiği saptanmıştır^[32].

Sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP):

Hava yoluna inspirasyon ve ekspirasyon boyunca pozitif basınç uygulanmasıdır^[23]. Hastanın inspiratuar eforundan bağımsızdır. Atelektazinin tedavisinde, spontan solunumu olan hastalara maske aracılığıyla aralıklı (periodyk) olarak uygulanır. CPAP uygulamasının vital kapasite ve fonksiyonel rezidüel kapasiteyi arttırdığı saptanmıştır^[31]. Fonksiyonel rezidüel kapasitede artış, şantın azalmasına, SaO₂ ve

akciğer kompliyansının artmasına neden olur ve solunum işinin azaltılmasını sağlar^[23]. CPAP, FiO₂ artışına gerek olmadan PaO₂'nin artırılmasını sağlar. Alveolleri açarak, gaz değişimini düzeltir, ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunu azaltır. FiO₂ > %60 oksijen tedavisine cevap vermeyen hastalarda, oksijen toksisitesi riskinin azaltılması amacıyla da kullanımı söz konusudur. CPAP, yoğun bakım ventilatörleri ile uygulanabileceği gibi, akım veya gaz kaynağı, hasta devresi, maske ve eşik resistöründen (PEEP valfi) oluşan taşınabilir bir sistem kullanılarak da uygulanabilir^[31].

EzPAP pozitif hava yolu basıncı tedavi sistemi: EzPAP sistemi, IPPB'ye alternatif olarak geliştirilmiş taşınabilir, tek kullanımlık bir sistemdir. Uygulaması sırasında inspirasyon akım ile desteklenir ve ekspirasyon sırasında PEP uygulanır. Fonksiyonel kapasiteyi artırarak akciğerlerin genişlemesini sağlar. İlk çalışmalar, yoğun bakımdaki hastalarda ateletazilerin tedavisinde etkin olduğunu göstermiştir^[33,34].

HAVA YOLU TEMİZLEME TEKNİKLERİ

Hava yolu bütünlüğü, akciğer volümü, mukosilyer fonksiyon ve öksürüğün etkinliğini değiştiren anormallikler veya uygulamalar (anestezi, yapay hava yolunun varlığı, hava yolu kompresyonu veya obstrüksiyonu, abdominal kas zayıflığı, ağrı), hava yolunun doğal temizleme mekanizmasını etkileyerek, sekresyon birikimine neden olur^[21,24,27,30]. Özellikle endotrakeal tüpün varlığı, mukus üretiminde artış, öksürüğün kompresyon fazının yapılması ve tüpün iç ve dış yüzeyinde bakteriden zengin biyofilm gelişmesi nedeniyle pulmoner infeksiyon ve komplikasyon gelişimi riskini arttırmaktadır (Tablo 6)^[21,26]. YBÜ'de aşırı sekresyon üretimi olan hastalara, sekresyon birikimi belirtileri olan hastalara, akut lobar ateletazisi olan hastalara, akciğer infiltrasyonu veya konsolidasyonu nedeniyle ventilasyon-perfüzyon anormallikleri olan hastalara bronşiyal drenaj teknikleri uygulanmaktadır (Tablo 7)^[21]. Yeterli ventilasyonu sağlamak ve öksürüğün etkinliğini arttırmak amacıyla kullanılan akciğer volüm kaybının düzeltilmesine yönelik yaklaşımlardan da bu amaçla yararlanılmaktadır.

Postüral Drenaj ve Manual Teknikler

Postüral drenaj, gravitenin etkisinin kullanımı ile sekresyonların distaldeki akciğer lob ve

Tablo 6. Yapay hava yolu olan hastalarda mukosilyer fonksiyon bozukluğuna neden olan faktörler^[26].

- Endotrakeal tüp veya trakeostomi tüpünün varlığı
- Sekresyon üretiminde artış
- Sekresyonların bakteriyolojisinin değişmesi
- Yutma refleksinin bozulması
- Orofarengeal sekresyonların akciğerlere aspire edilmesi
- Öksürük dinamiklerinin değişmesi
- Solunum kas yorgunluğu
- Yetersiz nemlendirme
- Altta yatan kronik akciğer hastalığının varlığı

segmentlerinden santral hava yollarına iletilmesini sağlayan bir pozisyonlama yöntemidir. Segmental bronşun, graviteye göre vertikal bir pozisyona yerleştirilmesinden oluşur^[24,25,30]. YBÜ'de yatan hastalarda sıklıkla modifiye pozisyonların kullanılması gerekebilir^[25,35]. Genellikle sekresyon atılımını kolaylaştıran diğer uygulamalarla kombine olarak kullanılır.

Mekanik enerjinin göğüs duvarına uygulanarak sekresyonların mobilizasyonunun sağlanması amacıyla sıklıkla postüral drenaj pozisyonları ile birlikte, manual teknikler (perküsyon, vibrasyon ve shaking) kullanılmaktadır. Perküsyon, sekresyonların mobilize edilmesi; vibrasyon ve shaking ise, sekresyonların ekspirasyon sırasında santral hava yollarına hareketinin sağlanması amacıyla kullanılır^[21,24,27].

Öksürme ve Zorlu Ekspirasyon Tekniği

Hava yolu temizleme tekniklerinin çoğu, sekresyonların santral hava yoluna mobilizasyonunu sağlar. Sekresyonların temizlenebilmesi için öksürmenin sağlanması veya aspirasyon yapılması gerekir. Öksürme, sadece santral hava yollarında bulunan sekresyonların atılımını sağlayabilir^[36]. Daha periferdeki alanlardan sekresyon çıkarılması istendiğinde, huffing ve solunum kontrolünden oluşan zorlu ekspirasyon tekniği kullanılır^[24,30].

Ekspiratuar kas zayıflığı olan hastalarda manual yardımcı öksürme ve mekanik "insufflation-exsufflation" kullanılması gerekebilir^[27,37]. Manual yardımcı öksürme, zorlu ekspirasyon sırasında torakal kafese veya epigastrik bölgeye eksternal manual basınç uygulanması-

Tablo 7. Hava yolu temizleme teknikleri.

Uygulama	Mekanizma
Postüral drenaj	Gravitenin etkisi ile sekresyonların santral hava yollarına iletilmesi
Manual teknikler	Göğüs duvarına uygulanan mekanik enerji ile sekresyon mobilizasyonunun sağlanması
Öksürme	Eşit basınç noktası, büyük hava yollarından sekresyon atılımının sağlanması
Manual yardımcı öksürme	Eksternal basınç uygulaması ile ekspirasyon akım hızının artırılması
Mekanik "insufflation-exsufflation"	Pozitif basıncın ardından, negatif basınç uygulaması ile normal öksürme mekanizmasının taklit edilmesi
Zorlu ekspirasyon tekniği	Eşit basınç noktası, periferik hava yollarından sekresyon atılımının sağlanması
Aktif solunum teknikleri döngüsü	Torakal ekspansiyon egzersizleri, solunum kontrolü ve zorlu ekspirasyon tekniğinin kombine etkisi ile akciğer volümünün artırılması ve sekresyonların mobilizasyonu
Pozitif ekspiratuar basınç tedavisi	Uzamış ekspirasyon fazı sırasında, pozitif ekspiratuar basınç uygulaması ile kollateral ventilasyonun sağlanması
Manual hiperinflasyon	Yavaş-derin inspirasyon, inspirasyon sonu nefes tutma ve hızlı ekspirasyon ile sekresyon atılımının sağlanması
Aspirasyon	Sekresyonların santral hava yollarından vakum yardımı ile çıkarılması

dır. Ekspirasyon akımının hızı arttırılarak sekresyonların trakeaya hareketinin sağlanması amaçlanır. Mekanik "insufflation-exsufflation", pozitif basıncın ardından negatif basınç uygulanarak öksürüğün taklit edilmesi amacıyla geliştirilmiş bir alettir. Nöromusküler hastalığı olan ve ekspiratuar kas zayıflığı olan hastalarda sekresyonların temizlenmesinde etkin bir yöntemdir^[37].

Aktif Solunum Teknikleri Döngüsü

Aktif solunum teknikleri döngüsü, solunum kontrolü, torakal ekspansiyon egzersizleri ve zorlu ekspirasyon tekniğinden oluşur. Farklı hastalık durumlarına kolayca uyarlanabilecek esnek bir uygulamadır. Solunum fonksiyonlarını ve sekresyon temizlenmesini arttırmada etkin bir yöntemdir^[27,30]. Yeni yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, akut hiperkapnik solunum yetmezliği nedeniyle noninvaziv MV uygulanan hastalarda, akut solunum teknikleri döngüsünün MV uygulanan günlerin sayısını azalttığı saptanmıştır^[38].

Pozitif Ekspiratuar Basınç (PEP) Tedavisi

PEP tedavisi, hastanın değişken akım rezistörüne karşı aktif ekspirasyon yapmasını gerektiren bir uygulamadır. Hava yollarındaki PEP, uzamış ekspirasyon fazı sırasında alveol-

lere transfer edilir. Burada kollateral ventilasyon aracılığıyla havalanmayı artırır ve küçük hava yollarını stabilize eder^[27,31]. Flutter valfi kullanılarak yapılan uygulamada, PEP ve hava yolunda yüksek frekanslı osilasyonlar kombine edilir^[27,30,31]. PEP tedavisinin hemen her zaman öksürme veya zorlu ekspirasyon tekniği ile birlikte kullanılması gerekir. Akut alevlenme nedeniyle YBÜ'de noninvaziv MV uygulanan kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) olan hastalarda, PEP maskesinin MV süresini kısalttığı saptanmıştır^[39].

Manual Hiperinflasyon

Manual hiperinflasyon, entübe hastalarda sekresyonların temizlenmesi ve atelektatik alanların yeniden genişletilmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Oksijenasyonu ve akciğer kompliyansını artırır; VİP gelişimi riskini azaltır^[21,24,26,27,40,41]. Dikkatli uygulanmadığında, barotravmaya ve önemli hemodinamik değişikliklere yol açma riski vardır^[41]. Uygulama için hasta dekonnekte edilir. Manual resüsitör bag kullanılarak, yavaş ve derin bir inspirasyonun ardından, inspirasyon sonu nefes tutma ve onu izleyen hızlı bir ekspirasyon yapılır^[21,41]. Yeni bir çalışmada, ventilatör kullanılarak uygulanan hiperinflasyonun, manual hi-

perinflasyona benzer etkileri olduğu saptanmıştır^[42].

Aspirasyon

Yapay hava yolu olan hastalarda, etkin öksürük yokluğunu kompanse etmek ve hava yolu açıklığını devam ettirmek amacıyla sıklıkla sekresyonların aspire edilmesi gerekir^[21,24,26]. Aspirasyon büyük hava yollarındaki sekresyonların çıkarılmasında etkindir^[21,26]. Solunum seslerinde düzelme olması, ventilatör ayarlarının normal değerlerine dönmesi, arteryel kan gazı veya oksijen satürasyonunda düzelme olması ve sekresyonların çıkarılması, aspirasyonun etkin şekilde yapıldığını gösterir^[26]. Aspirasyon açık veya kapalı devre aspirasyon sistemi kullanılarak uygulanabilir. Kapalı devre aspirasyon sistemi ile hastanın ventilatörden ayrılması gerekmediğinden, yüksek FiO₂ ve PEEP'in devam ettirilmesine olanak sağlar ve hipoksemi oluşma riskini azaltır ve VIP gelişimi riskini azaltabilir^[26]. Randomize kontrollü bir çalışmada, minimal invaziv hava yolu aspirasyon tekniği kullanımının, entübasyon süresi, yoğun bakımda kalış süresi ve mortalitede bir değişiklik olmaksızın, daha az yan etki ile kullanılabilmesi gösterilmiştir^[43]. Aspirasyon uygulaması, entübe olmayan has-

talarda nadiren kullanılır. Nazotrakeal aspirasyon, etkin öksürme becerisi olmayan ve sekresyon birikimi sorunu olan hastalarda, öksürüğün stimüle edilmesi amacıyla diğer yöntemler başarısız olduğunda yapılan bir uygulamadır. Şiddetli bronkospazmı ve stridoru olan hastalarda kullanılmaz.

MEKANİK VENTİLYASYON (MV)

YBÜ'de, alveoler ventilasyonu ve arteryel oksijenasyonu sağlamak, akciğer volümünü arttırmak, solunum işini azaltmak ve altta yatan sorun çözülene kadar solunum sistemini desteklemek amacıyla MV uygulaması yapılmaktadır (Tablo 8)^[44].

Son yıllarda MV uygulamasında önemli gelişmeler elde edilmiştir. Bunlardan biri, pozitif basınç uygulamasının entübasyon yerine maske gibi bir ara birim kullanılarak uygulanmasıdır^[45]. Noninvaziv MV uygulamasının, seçilmiş hastalarda dispne algılamasını ve solunum işini azalttığı, gaz değişimini düzelttiği ve endotrakeal entübasyon ihtiyacını azalttığı saptanmıştır^[45,46]. Orta-şiddetli KOAH akut alevlenmelerinin tedavisinde, kardiyovasküler instabilite veya şiddetli mental durum bozukluğu olmadığı sürece, birincil tedavi yaklaşımı olarak kullanılmaktadır^[44,45,47]. Bu hastalarda,

Tablo 8. Akut solunum yetmezliği olan erişkinlerde invaziv mekanik ventilasyon endikasyonları^[44].

- Apne veya solunum arresti
- KOAH akut alevlenmesinde dispne, takipne ve akut respiratuar asidoz ile birlikte aşağıdakilerden en az birinin varlığı:
 - Akut kardiyovasküler instabilite,
 - Mental durum değişikliği veya sürekli olarak koopere olamama,
 - Aşırı ve visköz sekresyon,
 - Noninvaziv MV uygulamasını engelleyecek yüz veya üst hava yolu anormallikleri,
 - Noninvaziv MV'yi de içeren yoğun tedaviye rağmen ilerleyici respiratuar asidoz.
- Nöromusküler hastalarda akut ventilatuar yetmezlik:
 - Akut respiratuar asidoz,
 - Vital kapasitede ilerleyici azalma (< 10-15 mL/kg),
 - Maksimal inspiratuar basınçta ilerleyici azalma (< 20-30 cmH₂O).
- Yüksek akımlı oksijen sistemi ile yüksek FiO₂ uygulamasına rağmen, takipne, solunum sıkıntısı ve ısrarlı hipoksemi ile birlikte olan akut hipoksemik solunum yetmezliği veya aşağıdakilerden herhangi birinin varlığı:
 - Akut kardiyovasküler instabilite,
 - Mental durum değişikliği veya sürekli olarak koopere olamama,
 - Alt hava yollarının korunamaması.
- Hava yolunu korumak veya sekresyon ile başa çıkmak için endotrakeal entübasyon gereksinimi

KOAH: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, MV: Mekanik ventilasyon, FiO₂: Oksijen konsantrasyonu.

entübasyon gereksinimi ve komplikasyonları azalttığı, hastanede kalış süresini kısalttığı ve yaşam süresini artırdığı saptanmıştır^[45,47]. Hastanın tedavi ile koopere olması, hava yollarını aspirasyondan koruyabilmesi, alevlenmenin çok şiddetli olmaması ve ilk bir-iki saatte iyi cevap alınması, KOAH'lı hastalarda noninvasif MV'nin başarısını etkileyen faktörlerdir^[47]. Akut alevlenmelerde erken dönemde uygulanmadığında noninvasif MV'nin yeterliliği azalmaktadır^[48]. KOAH akut alevlenmeleri dışında, akut hipoksemik solunum yetmezliği [akut akciğer hasarı ve akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) hariç], immünsüpresif hastalar, pulmoner cerrahi sonrası ve ekstübasyon sonrası dönemde kullanımı da söz konusudur^[44,45].

ARDS olan hastalarda MV konusunda yapılan randomize kontrollü çalışmalar, akciğerlerin gerilmesini ve transalveoler basıncı limitleyen yaklaşımın yaşam süresini artırdığını göstermiştir^[49,50]. Akciğerleri koruyan MV uygulamasında başarılı sonuçların önemli bir bölümü ventilatöre bağlı akciğer hasarının ve diğer sistemik etkilerin (biyotravma: Akciğerden kaynaklanan inflamatuvar cevapların sistemik dolaşıma girmesi ve diğer organları etkilemesi) azaltılmasından kaynaklanmaktadır^[44,51]. Bu yaklaşımla alveollerin aşırı gerilimi (büyük tidal volüm) ve solunum siklusu boyunca akciğer birimlerinin tekrarlı açılıp kapanması engellenir^[51]. Akut akciğer hasarı ve ARDS olan hastalarda, alveollerin aşırı geriliminin önlenmesi amacıyla, ideal vücut ağırlığına göre hesaplanan düşük tidal volüm uygulaması yapılmaktadır^[50,51]. Bunun için 6 mL/kg (4-8 mL/kg) ile başlanması ve gaz değişimini düzeltmek amacıyla tidal volüm artışı gerektiğinde, P_{plat} (total akciğer kapasitesindeki normal transalveoler basınç, < 30-35 cmH₂O) dikkate alınarak artış yapılması önerilmektedir^[49-51]. Solunum frekansı, istenen dakika ventilasyonu düzeyine göre ayarlanır. Ancak solunum frekansı (dakika ventilasyonu) arttıkça, hava tuzaklanması ve intrinsek PEEP oluşumu riskinde artış (bazal basınç artışı sonucu inspirasyon sonu geriliminde artış) meydana geldiği akıld tutulmalıdır^[52].

MV sırasında PEEP uygulaması, oksijenasyonu ve akciğer volümünü (fonksiyonel rezidüel kapasite) artırır. Hava yolu limitasyonu ve hiperinflasyonu sonucu intrinsek PEEP gelişen

hastalarda, ventilatörün tetiklenmesinde kolaylık sağlar^[53]. Son yıllarda bu özelliklerinin yanı sıra, solunum sisteminin mekanik özelliklerinin sürdürülmesi (fizyolojik PEEP'in sürdürülmesi) ve ventilatöre bağlı akciğer hasarının önlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır^[49]. Alveollerin her solunum siklusunda açılıp kapanmasından kaynaklanan akciğer hasarının önlenmesinde, alveollerini ekspirasyon sonunda açık tutmak ve alveollerin açılmasını sağlamak amacıyla orta-yüksek PEEP uygulaması yapılmaktadır^[49-51]. Uygun PEEP düzeyinin belirlenmesinde en sık belirtilen yöntem, basınç-volüm eğrisi üzerinde alt inflasyon noktasının belirlenmesi ve bunun üzerindeki bir PEEP değerinin uygulanmasıdır. Klinik olarak önemli olmakla birlikte, basınç-volüm eğrisi analizi hasta başında her zaman ulaşılabilir bir ölçüm değildir^[54]. Bu nedenle, günlük uygulamada, oksijenasyon düzeyi, dinamik kompliyans ($C_D =$ Ekshale edilen $V_t/P_{peak-PEEP}$; V_t : tidal volüm), statik kompliyans ($C_S =$ Ekshale edilen $V_t/P_{plat-PEEP}$; entübe hastalarda kompliyans: 35-50 cmH₂O) ve kardiyak parametreler izlenerek uygun PEEP düzeyi belirlenmektedir.

Günümüzde MV'nin hedefi normal fizyolojik arteryel kan gazı değerlerinin sağlanmasından daha çok, MV'ye bağlı akciğer hasarının önlenmesidir. Bu nedenle, normal PaCO₂, PaO₂ ve pH değerlerinin sürdürülmesi daha az önemli hale gelmiştir^[50,55]. Permisif hiperkapni uygulamasında yüksek P_{peak} uygulanması yerine, kontrollü mekanik hipoventilasyona izin verilir ve düşük arteryel pH uygulaması (< 7.25) sürdürülür. Daha çok akciğer kompliyansı iyi olmayan hastalarda tercih edilen bir uygulamadır^[55].

İnvasif MV ve entübasyonun süresi uzadıkça komplikasyon gelişiminde (VİP, hava yolu hasarı, barotravma, gastrointestinal kanama ve tromboemboli) ve mortalitede artış ortaya çıkmaktadır^[56]. Bu nedenle, hastanın akut solunum yetmezliği uygun şekilde toparlandığında mekanik ventilatörden mümkün olduğunca hızlı bir şekilde ayrılması gerekir^[57]. Uygun oksijenasyon, hemodinamik stabilite ve inspirasyonu başlatabilme becerisinin varlığı, spontan solunum denemesi için hazır olduğunu ifade eden kriterlerdir (Tablo 9)^[57,58]. İspiratuar eforun başlamasından 0.1 saniye sonraki hava yolu oklüzyon basıncı ($P_{0.1}$),

Tablo 9. Hastanın spontan solunum denemesi için hazır olduğunu ifade eden fizyolojik ve ventilatör ile ilgili parametreler^[57,58].

Objektif kriterler	Uygun oksijenasyon: PEEP \leq 5 cmH ₂ O ve FiO ₂ \leq %40 ile PaO ₂ /FiO ₂ \geq 150 veya SaO ₂ \geq %90 Hemodinamik stabilite: Vazopressör kullanımı yok veya çok düşük doz Vücut ısısı < 38°C Uygun arteriyel pH (şiddetli respiratuar asidoz yok, örneğin; pH \geq 7.25) Uygun hemoglobin düzeyi: \geq 8-10 g/dL Mental durum: Uyanık veya kolay uyandırılabilir (örneğin; GKS skoru > 11, sürekli sedatif infüzyonu yok) Fizyolojik ölçütler: Spontan f \leq 30 soluk/dakika, spontan desteksiz V _t > 5 mL/kg, f/V _t < 105/L, P _I max veya NIF \leq -20 cmH ₂ O
Subjektif kriterler	Hastalığın akut fazında düzelmeye Hava yolunu koruyabilme: Öksürük ve öğürme refleksi

PEEP: Pozitif ekspirasyon sonu basıncı, FiO₂: Oksijen konsantrasyonu, PaO₂: Arteriyel oksijen parsiyel basıncı, SaO₂: Oksijen saturasyonu, GSK: Glasgow koma skalası, f: Solunum frekansı, V_t: Tidal volüm, P_Imax: Inspiratuar kas kuvveti, NIF: Negatif inspiratuar kuvvet.

gastrik intramukozal pH ve solunum işinin ölçülmesi henüz yaygın kullanıma girmemiştir^[58]. Klinikte en çok solunum frekansının tidal volüme oranından oluşan (f/V_t) hızlı yüzeysel solunum indeksi kullanılmaktadır. Bunun için, hastanın desteksiz (T-parçası) veya minimal ventilatör desteği (CPAP veya düşük düzeyde pozitif basınç desteği) ile spontan nefes alıp vermesine izin verilir. Spontan solunum denemesi başarısız olduğunda, hastaya solunum kaslarında yorgunluğa neden olmayacak solunum desteği verilmesi ve 24 saat sonra tekrar denemesi önerilmektedir^[57]. Son yıllarda, bu amaçla geliştirilmiş protokollerin kullanımını giderek yaygınlık kazanmaktadır^[57,58].

KAYNAKLAR

- Shelly MP, Nigtingale P. ABC of intensive care: Respiratory support. *BMJ* 1999;318:1674-7.
- Bott J. Respiratory care: A very necessary specialty in the 21st century. *Physiotherapy* 2000;86:2-4.
- Pierson DJ. The future of respiratory care. *Respir Care* 2001;46:705-18.
- American Association of Respiratory Care. Uniform reporting manual for acute care hospitals. http://www.aarc.org/urm_field_test/urm_documents.pdf, 9 Haziran 2004.
- Hess DR, Kallstrom TJ, Mottram CD, Myers TR, Sorenson HM, Vines DL. AARC evidence based clinical practice guidelines: Care of the ventilator circuit and its relation to ventilator-associated pneumonia. *Respir Care* 2003;48:869-79.
- Branson RD. Humidification for patients with artificial airways. *Respir Care* 1999;44:630-41.
- Boisson C, Viviani X, Arnaud S, Thomachot L, Miliani Y, Martin C. Changing a hydrophobic heat and moisture exchanger after 48 hours rather than 24 hours: A clinical and microbiological evaluation. *Intensive Care Med* 1999;25:1237-43.
- Pelosi P, Solca M, Ravagnan I, Tubiolo D, Ferrario L, Gattinoni L. Effects of heat and moisture exchangers on minute ventilation, ventilation drive, and work of breathing during pressure-support ventilation in acute respiratory failure. *Crit Care Med* 1996;24:1184-8.
- Le Bourdelles G, Mier L, Fiquet B, et al. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas exchange during weaning trial from mechanical ventilation. *Chest* 1996;110:1294-8.
- Hess DR. Nebulizers: Principles and performance. *Respir Care* 2000;45:609-22.
- Bateman NT, Leach RM. ABC of oxygen: Acute oxygen therapy. *BMJ* 1998;317:798-801.
- American Association for Respiratory Care. AARC clinical practice guideline: Oxygen therapy for adults in the acute care facility-2002 revision and update. *Respir Care* 2002;47:717-20.
- Register SD, Downs JB, Stock MC, Kirby RR. Is 50% oxygen harmful? *Crit Care Med* 1987;15:598-601.
- Heuer AJ, Scanlan CL. Medical gas therapy. In: Wilkins RL, Stoller JK, Scanlan CL (eds). *Egans's Fundamentals of Respiratory Care*. 8th ed. St Louis: Mosby, 2003:827-61.
- Aubier M, Murciano D, Milic-Emili J, et al. Effects of the administration of oxygen on ventilation and blood gases in patients with chronic obstructive pulmonary disease during acute respiratory failure. *Am Rev Respir Dis* 1980;122:747-54.
- Dhand RD. Basic techniques for aerosol delivery during mechanical ventilation. *Respir Care* 2004; 49:611-22.

17. Hess DR, Dillman C, Kacmarek RM. In vitro evaluation of aerosol bronchodilator delivery during mechanical ventilation: Pressure-control vs. volume control ventilation. *Intensive Care Med* 2003;29:1145-50.
18. Duarte AG. Inhaled bronchodilator administration during mechanical ventilation. *Respir Care* 2004;49:623-34.
19. Fink JB. Metered-dose inhalers, dry powder inhalers, and transitions. *Respir Care* 2000;45:623-35.
20. American Association for Respiratory Care. AACRC clinical practice guideline: Intermittent positive pressure breathing-2003 revision and update. *Respir Care* 2003;48:540-6.
21. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: Towards an evidence-based practice. *Chest* 2000;118:1801-13.
22. Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: A systematic review. *Chest* 2001;120:971-8.
23. Denehy L, Berney S. The use of positive pressure devices by physiotherapists. *Eur Respir J* 2001;17:821-9.
24. Savcı S. Yoğun bakım ünitesinde göğüs fizyoterapisi. *Yoğun Bakım Dergisi* 2001;1:33-40.
25. Fink JB. Positioning versus postural drainage. *Respir Care* 2002;47:769-77.
26. Lewis RM. Airway clearance techniques for the patient with an artificial airway. *Respir Care* 2002;47:808-17.
27. Hess D. The evidence for secretion clearance techniques. *Respir Care* 2001;46:1276-93.
28. Bein T. Prone position, carbondioxide elimination, and survival: A turn for the better? *Crit Care Med* 2003;31:2804-5.
29. Gentilello L, Thompson DA, Tonnesen AS, et al. Effect of a rotating bed on the incidence of pulmonary complications in critically ill patients. *Crit Care Med* 1988;16:783-6.
30. Pryor JA. Physiotherapy for airway clearance in adults. *Eur Respir J* 1999;14:1418-24.
31. Fink JB. Positive pressure techniques for airway clearance. *Respir Care* 2002;47:786-96.
32. Matte P, Jacquet L, Van Dyck M, Goenen M. Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and noninvasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;44:75-81.
33. Daniel BM, Tarnow JL. EzPAPTM: An alternative in lung expansion therapy (abstract). *Respir Care* 2001;46:1143.
34. Wiersgalla S. Effects of EzPAP postoperatively in coronary artery bypass graft patients (abstract). *Respir Care* 2002;47:1037.
35. Takahashi N, Murakami G, Ishikawa A, Sato TJ, Ito T. Anatomic evaluation of postural bronchial drainage of the lung with special reference to patients with tracheal intubation: Which combination of postures provides the best simplification? *Chest* 2004;125:935-44.
36. Hasani A, Pavia D, Agnew JE, Clarke SW. The effect of unproductive coughing/FET on regional mucus movement in the human lungs. *Respir Med* 1991;85:23-6.
37. Bach JR. Update and perspective on noninvasive respiratory muscle aids. Part 2: The expiratory muscle aids. *Chest* 1994;105:1538-44.
38. İnal-İnce D, Savcı S, Topeli A, Arıkan H. Active cycle of breathing techniques in noninvasive ventilation for acute hypercapnic respiratory failure. *Austr J Physiother* 2004;50:67-73.
39. Bellone A, Spagnolatti L, Massobrio M, et al. Short-term effects of expiration under positive pressure in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and mild acidosis requiring noninvasive positive pressure ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:581-5.
40. Ntoumenopoulos G, Gild A, Cooper DJ. Effect of manual hyperinflation and postural drainage on pulmonary complications in mechanically ventilated trauma patients. *Anaesth Intensive Care* 1998;26:492-6.
41. Denehy L. The use of manual hyperinflation in airway clearance. *Eur Respir J* 1999;14:958-65.
42. Berney S, Denehy L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int* 2002;7:100-8.
43. Van de Leur JP, Zwaveling JH, Loef BG, Van der Schans CP. Endotracheal suctioning versus minimally invasive airway suctioning in intubated patients: A prospective randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 2003;29:426-32.
44. Pierson DJ. Indications for mechanical ventilation in adults with acute respiratory failure. *Respir Care* 2002;47:249-62.
45. Brochard L. Mechanical ventilation: Invasive versus noninvasive. *Eur Respir J* 2003;47:31-7.
46. Lightowler JV, Wedzicha JA, Elliot MV, Ram FSE. Noninvasive positive pressure ventilation to treat respiratory failure resulting from exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2003;326:185-9.
47. Hill NS. Noninvasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care* 2004;49:72-87.
48. Conti G, Antonelli M, Navalesi P, et al. Noninvasive vs. conventional mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease after failure of medical treatment in the ward: A randomized trial. *Intensive Care Med* 2002;28:1701-7.
49. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in

- acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998;338:347-54.
50. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volume as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2000;342:1301-8.
51. Hess DR, Bigatello LM. Lung recruitment: The role of recruitment maneuvers. *Respir Care* 2002;47:308-17.
52. MacIntyre NR. Setting the frequency-tidal volume pattern. *Respir Care* 2002;47:266-74.
53. Tobin MJ. Mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1994;330:1056-64.
54. Saura P, Blanch L. How to set positive end-expiratory pressure. *Respir Care* 2002;47:279-92.
55. Hickling KG, Walsh J, Henderson S, Jackson R. Low mortality rate in adult respiratory distress syndrome using low volume, pressure limited ventilation with permissive hypercapnia: A prospective study. *Crit Care Med* 1994;22:1568-78.
56. Pingleton SK. Complications of acute respiratory failure. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:1463-93.
57. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW Jr, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: A collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest* 2001;120:375-95.
58. Epstein SK. Weaning from mechanical ventilation. *Respir Care* 2002;47:454-66.