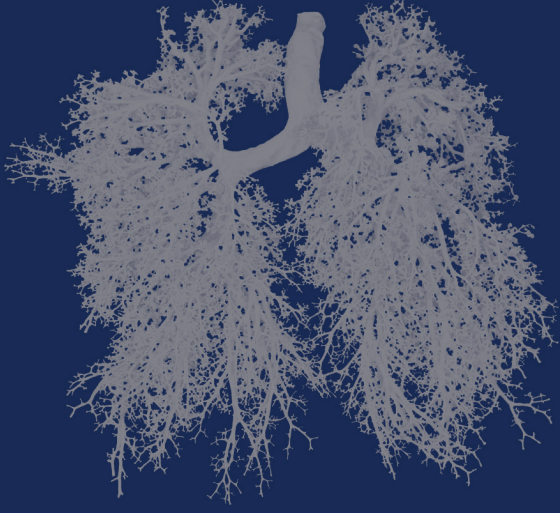


# NONİNVAZİV MEKANİK VENTİLASYON UYGULAMALARI



**Editör**

Uzm. Dr. Serpil ÖCAL



---

**TÜSAD Eğitim Kitapları Serisi**

© 2017 TÜSAD | Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği

## **NONİNVAZİV MEKANİK VENTİLASYON UYGULAMALARI**

**Editör:** Uzm. Dr. Serpil ÖCAL

**Grafik-Tasarım:** Cihat ZNAL

Tüm hakları saklıdır. Telif hakkı sahibinin izni olmaksızın yayının hiçbir kısmı elektronik, mekanik, fotokopi ve benzeri yollarla aktarılamaz, yayımlanamaz ve yeniden kullanımını sağlayan bir sistemde saklanamaz.

Bu kitapta yer alan bilgilerin doğru olması için azami ęaba gösterilmiş olsa da, nihai sorumluluk yazara aittir. Kitaptaki bilgilerin kullanılmasından kaynaklanan hatalardan ya da herhangi bir sonuğtan yayımcılar ve yazarlar sorumlu değildir.

**ISBN:** 978-605-4899-64-7

**Yayın Tarihi:** Ekim 2017

# Yazarlar

**Doç. Dr. Müge AYDOĞDU**

*Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

**Uzm. Dr. Nazlıhan BOYACI**

*Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yoğun Bakım Ünitesi, Erzurum*

**Uzm. Dr. İpek CANDEMİR**

*Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Kronik Solunum Yetmezliği Kliniği, Pulmoner Rehabilitasyon ve  
Evde Sağlık Hizmet Sunum Merkezi, Ankara*

**Fizyoterapist Sinem AYYILDIZ ÇINAR**

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

**Uzm. Dr. Fatma ÇİFTÇİ**

*Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara*

**Doç. Dr. Aydın ÇİLEDAĞ**

*Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara*

**Uzm. Dr. Ebru ORTAÇ ERSOY**

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

**Uzm. Dr. Pervin HANCI**

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

**Uzm. Dr. Derya HOŞGÜN**

*SBÜ Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Kliniği,  
Yoğun Bakım Ünitesi, Elazığ*

**Uzm. Dr. İskender KARA**

*Konya Numune Hastanesi, Genel Yoğun Bakım Ünitesi, Konya*

**Prof. Dr. Akın KAYA**

*Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara*

**Uzm. Dr. Esat Kıvanç KAYA**

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

**Uzm. Dr. Dicle KAYMAZ**

Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Kronik Solunum Yetmezliği Kliniği, Ankara

**Prof. Dr. Filiz KOŞAR**

SBÜ Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Göğüs Hastalıkları Kliniği, İstanbul

**Prof. Dr. Erdoğan KUNTER**

Medipol Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Kliniği, İstanbul

**Uzm. Dr. Serpil ÖCAL**

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

**Uzm. Dr. Kazım ROLLAS**

Atatürk Devlet Hastanesi, Yoğun Bakım Ünitesi, Zonguldak

**Dr. Celal SATICI**

SBÜ Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Göğüs Hastalıkları Kliniği, İstanbul

**Uzm. Dr. Ayşenur SOYTÜRK**

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Bilim Dalı, Bursa

**Uzm. Dr. Meltem ŞİMŞEK**

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

**Prof. Dr. Arzu TOPELİ**

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

**Uzm. Dr. Fatma YILDIRIM**

SBÜ Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

# İçindekiler

YAZARLAR.....	III
ÖNSÖZ .....	V
<b>Bölüm 1:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Fizyolojik Etkileri ve Endikasyonları .....	11
<i>Erdoğan Kunter</i>	
<b>Bölüm 2:</b> Yoğun Bakım Ventilatörü ve BiPAP İle Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulamalarındaki Farklılıklar.....	21
<i>Akın Kaya, Aydın Çiledağ</i>	
<b>Bölüm 3:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Başarısını Etkileyen Fizyolojik Parametreler .....	27
<i>Fatma Yıldırım</i>	
<b>Bölüm 4:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Karbondiyoksit Rebreathing Etkileyen Faktörler .....	39
<i>Ayşenur Soytürk</i>	
<b>Bölüm 5:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Başarısını Etkileyen Arayüz (Maske), Devre, Ekshalasyon Portu ve Oksijen Destek Girişi Nasıl Olmalıdır? .....	43
<i>Müge Aydoğdu</i>	
<b>Bölüm 6:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Nemlendirme .....	53
<i>Meltem Şimşek, Serpil Öcal</i>	
<b>Bölüm 7:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Aerosol Tedavi Nasıl Yapılmalı? .....	55
<i>Serpil Öcal</i>	
<b>Bölüm 8:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Nutrisyon Desteği Ne Zaman, Nasıl ve Kime Yapılmalı? .....	63
<i>Nazlıhan Boyacı</i>	
<b>Bölüm 9:</b> Tamamlayıcı Göğüs Fizyoterapi Noninvaziv Başarısını Artırır Mı? .....	69
<i>Dicle Kaymaz</i>	
<b>Bölüm 10:</b> Noninvasive Neurally Adjusted Ventilatory Assist (NAVA) .....	73
<i>Fatma Çiftçi, Akın Kaya</i>	
<b>Bölüm 11:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyon ve Monitörizasyon .....	81
<i>İskender Kara</i>	

<b>Bölüm 12:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Sırasında Sedasyon ve Analjezi Uygulamaları .....	93
<i>Fatma Yıldırım, Ebru Ortaç Ersoy</i>	
<b>Bölüm 13:</b> Bronkoskopide Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulaması .....	101
<i>Serpil Öcal</i>	
<b>Bölüm 14:</b> Akut Hipoksemik Solunum Yetmezliğinde Noninvaziv Mekanik Ventilasyon .....	111
<i>Kazım Rollas</i>	
<b>Bölüm 15:</b> Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı Akut Alevlenmede Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Kullanımı .....	119
<i>Fatma Yıldırım</i>	
<b>Bölüm 16:</b> Bronşektazide Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Tedavisi .....	127
<i>Esat Kıvanç Kaya, Ebru Ortaç Ersoy</i>	
<b>Bölüm 17:</b> Akut Astım Atağında Noninvaziv Mekanik Ventilasyon .....	131
<i>Filiz Koşar, Celal Satıcı</i>	
<b>Bölüm 18:</b> Obezite Hipoventilasyon Sendromunda Noninvaziv Mekanik Ventilatör Kullanımı .....	137
<i>Ebru Ortaç Ersoy</i>	
<b>Bölüm 19:</b> Göğüs Duvarı Deformitelerinde Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Kullanımı .....	143
<i>İpek Candemir</i>	
<b>Bölüm 20:</b> Nöromusküler Hastalıklarda Noninvaziv Mekanik Ventilasyon .....	149
<i>Pervin Hancı, Serpil Öcal</i>	
<b>Bölüm 21:</b> Akut Kardiyojenik Pulmoner Ödemde Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Tedavisi .....	163
<i>Fatma Yıldırım, Serpil Öcal</i>	
<b>Bölüm 22:</b> Atelektazide Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Kullanımı .....	171
<i>Derya Hoşğün</i>	
<b>Bölüm 23:</b> Kanser Hastalarında Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulamaları .....	177
<i>Arzu Topeli</i>	

<b>Bölüm 24:</b> Zor Weaningde Noninvaziv Ventilasyonun Rolü .....	183
<i>Arzu Topeli</i>	
<b>Bölüm 25:</b> Ev Tipi BiPAP Endikasyonları, Ayarları ve Hasta Takibi .....	189
<i>Müge Aydoğdu</i>	
<b>Bölüm 26:</b> Noninvaziv Mekanik Ventilasyon ve Fizyoterapi Uygulamaları .....	201
<i>Sinem Ayyıldız Çınar</i>	





# Önsöz

Ülkemizde yoğun bakım üniteleri uzun süredir varolmasına rağmen, 2013 yılında Yoğun Bakım Bilim Dalı olabilmıştır. Yoğun bakım gelişimindeki zorlu süreçte **Türkiye Solunum Araştırma Derneği** yoğun bakım eğitime her zaman destek olmuştur. Özellikle son dekatta yoğun bakım ünitelerinin sayısı ülkemizde hızla artarak yatak sayısı ülke nüfusuna göre beklenen hedefe ulaşmıştır. Bundan sonraki çalışmalar yoğun bakım hizmet kalitesini artırmaya yönelik olmalıdır. Yoğun bakımçı olmaya karar vermiş meslektaşlarımızın ilk ilgisi hep mekanik ventilasyon kursları ve eğitimleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Ancak sonraları “kritik hasta kimdir” ve “nasıl yönetilir” gibi genel yoğun bakım nosyonu oluşmaya başlamıştır. Biz artık çok iyi biliyoruz ki yoğun bakım eşittir mekanik ventilasyon değildir, yoğun bakım eşittir palyatif bakım değildir. Ancak palyatif bakım kavramı bazen yoğun bakım kavramı ile karışarak gereksiz yatışların ve uygunsuz triajların oluşması hala ülkemiz için sorun oluşmaktadır. İyilik-kötülük, ağgözlülük-tokgözlülük, hayat-ölüm gibi paradoks ifadeler ve duygularla yaşayan insanlar için yoğun bakım popüler konu olmaya devam etmektedir. Burada yoğun bakımla ilgili epidemiyolojik veriler yerine felsefesini ve geleceğini konuşmak daha anlamlı geliyor.

Tüm dünyada ve ülkemizde yoğun bakım gelişmeleri çoğu konuda yavaş bir şekilde olurken, noninvasiv mekanik ventilasyon konusu daha hızlı ve yaygın bir gelişme sürecine girmiştir. Şu anda pek çok solunum yetmezliğine -nedeni ne olursa olsun- noninvasiv mekanik ventilasyon uygulamaları yapılmaktadır. Ancak invaziv mekanik ventilasyona göre yoğun bakımının daha fazla emek harcaması gerekmektedir. Noninvasiv mekanik ventilasyon uygulamalarında hastanın başında durup uygun ayarların yapılması, hastanın solunum ihtiyacının karşılanması, hastanın motivasyonu ve başarısızlık durumunda invaziv mekanik ventilasyona geçiş gibi çok yakın takip gerekmektedir.

Tüm zorluklara rağmen yoğun bakımda çalışmak çok keyifli ve heyecan vericidir. Her şeyden önce yoğun bakıma girdikten sonra ben değil, biz olmayı öğreniyorsunuz. Henüz yeterli sayıda yoğun bakım uzmanı bulunmamakla birlikte yakın zamanda profesyonel ekiplerin oluşacağını umut ediyorum. Yoğun bakım uzman sayısı arttıkça, eğitilmiş hemşirelerimiz, klinik eczacımız, nütrisyon ekbimiz hem hastaya hem bize psikolojik destek ekibimiz ve tam zamanlı çalışan fizyoterapistimiz olduğunda yoğun bakımda çalışmanın keyfinin daha da aratacağını düşünüyorum. Güzel bir yoğun bakım geleceği için el birliği ile çalışmaya devam edeceğiz.

Yoğun bakıma emek ve gönül veren herkese çok teşekkürler ve sevgiler...

**Serpil ÖCAL**

**Yoğun Bakım Çalışma Grubu Başkanı**



# Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Fizyolojik Etkileri ve Endikasyonları

Erdoğan Kunter

*Medipol Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Kliniği, İstanbul*

## GİRİŞ

Noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) solunumsal desteğin invaziv bir suni havayolu olmadan üst solunum yolu kullanılarak verilmesi şeklinde tarif edilebilir. NİV temel olarak invaziv mekanik ventilasyonla aynı amaca hizmet ederken hasta tarafından daha iyi tolere edilmekte ve trakeal entübasyonun olası komplikasyonlarından kaçınmayı sağlamaktadır. İnvaziv ventilasyonla karşılaştırıldığında nozokomiyal enfeksiyon riski ve ventilatörle ilişkili pnömoni riski azalmaktadır (1,2).

NİV'den beklenen başlıca faydalar; obstrüktif akciğer hastalıklarında alveolar ventilasyonun devamını sağlayarak pulmoner gaz değişimini normalleştirmek ve intrinsek PEEP ile mücadele etmek, kollabe olmuş alveollerini yeniden havalandırmak, solunum kaslarını destekleyerek solunum işini azaltmak ve restriktif akciğer hastalıklarında yeterli tidal volümü garanti etmek olarak özetlenebilir. Ancak NİV venöz geri dönüşün azalması, kardiyak outputun azalması ve sistemik hipoperfüzyon gibi olumsuzluklarda beraberinde getirebilmektedir (3-5). Diğer taraftan akciğer ödeminde ve konjestif kalp yetmezliğinde transmural basınç artışıyla ilişkili olarak sol ventrikülün önündeki afterloadun azalması nedeniyle kardiyak output artmaktadır. Bütün tedavi modalitelerinde olduğu gibi NİV uygulamalarında da amaç doğru endikasyonla, doğru zamanda, uygun donanımla ve ehil ellerde hastaların tedavi edilmeleridir. Kitabın başka bölümlerinde uygulama modları, arayüzleri ve özel durumlarda NİV uygulamaları ayrıca ele alınmış olup, NİV uygulamalarının fizyolojik etkileri ve endikasyonları aşağıda özetlenmeye çalışılacaktır.

## FİZYOLOJİK ETKİLER

Solunum sisteminin diğer organların fonksiyonunu bozacak ve hayatı tehdit edecek şekilde gaz değişimi fonksiyonunu yerine getirememesi durumu "solunum yetmezli-

ği" olarak tanımlanabilir. Solunum sistemi gaz değişiminden sorumlu olan akciğerler ve ventilasyonu sağlayan solunum pompası olarak iki fonksiyonel mekanizmadan oluşmaktadır Solunum yetmezliğinde NİV uygulamasının başlıca iki etkisi bulunmaktadır (6);

1. Ventilasyonu düzeltir ve solunum işini azaltır.
2. Transpulmoner basıncı arttırarak ekspiryum sonu akciğer volümünü arttırırken uygulanan PEEP kaybolan alveolar boşluğun tekrar kazanılmasını sağlar.

Solunum yetmezliği ya primer olarak oksijenizasyonu bozarak hipoksemiye neden olur ya da ventilasyon bozulur ve hipoksinin yanında hiperkapni de gelişir. Hipoksemik solunum yetmezliğinde dört patofizyolojik mekanizma söz konusudur (7);

1. Difüzyonun bozulması,
2. Sant gelişmesi,
3. Ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu,
4. Hipoventilasyon.

İlk üç mekanizma primer olarak hipoksiye neden olurken hiperkapni gelişmez, fakat hipoventilasyon hem hipoksi hem de hiperkapniye neden olur. Hipoventilasyona bağlı hiperkapnik solunum yetmezliği gelişmesi için ya solunumsal güdüleme (ventilatory drive) azalmıştır ya da solunum sistemi üzerine solunum kaslarının yetemeyeceği kadar fazla iş yüklenmiştir. Solunum yetmezliği haftalar ve aylar içinde gelişmişse kronik, saatler ve günler içinde tablo kötüleşmişse akut olarak tanımlanır. Akut solunum yetmezliği daha öncesinde altta yatan bir solunum sistemi hastalığı olmaksızın gelişebileceği gibi kronik solunum yetmezliği zemininde de gelişebilir. Kronik hiperkapnik solunum yemezliğinde fazla CO<sub>2</sub> böbrekler tarafından tutulan bikarbonat ile tamponlanır. Ancak hastanın klinik durumunda ani bir kötüleşme olduğunda böbrekler daha fazla HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> tutarak tamponlamak için yeterli zaman bulamaz ve kronik zemin üzerinde akut solunum yetmezliği gelişir (acute on chronic) (7). Kronik hiperkapnik solunum yetmezliğinde olan bir hastada havayolu direncinde görülen artışla birlikte hiperinflasyon ve hava hapsi de gelişir (oto-PEEP). Böylece akciğerin kompliyansı azalarak solunum işinin daha da artmasına ve solunum kaslarının yorulmasına neden olur. Solunum kaslarının yorulması tidal volümün azalmasına yol açar ve sonuçta solunum yetmezliği tablosu ortaya çıkar (7). Oto-PEEP veya başka bir ifadeyle intrensek PEEP ekspiryum sonunda yeni inspirasyon başlamadan hemen önce alveol içindeki basıncın hala pozitif kalması olarak tarif edilebilir. Oto-PEEP, ekspiratuvar hava akımı henüz sonlanmamışken yeni bir inspirasyonun başlaması olarak da ifade edilebilir (8). Bu duruma özellikle obstrüktif akciğer hastalıklarında alveolar ventilasyonun tüm akciğer alanlarında homojen olmaması, küçük hava yollarında izlenen obstrüktif paternin bazı alanlarda daha fazla bazı alanlarda nispeten daha hafif olması gibi nedenlerle bozulan

solunum fizyolojisi neden olmaktadır. Daralmış hava yolu inspiyumda normal şekilde genişleyemediği gibi ekspiryum sırasında daha erken ve yeterli hava çıkışına izin vermeyecek şekilde fazla daraldığı için alveol içinde fazla hava kalmakta ve bu durum tekrarlayan şekilde intra-alveolar hava hapsinin doğurduğu artmış hacim ve basınç, akımı kısıtlanmış olan hava yolunun basıncıyla bir denge kurulana kadar devam etmektedir. Elbette bu şekilde ortaya çıkan hava hapsi ve yüksek intrinsek PEEP alveolar ventilasyonu bozmakta sağlıklı gaz değişimi olamamaktadır. NİV uygulamalarında, hava yolu basıncının oto-PEEP basıncının üzerinde kalmasını sağlayacak şekilde ayarlanan pozitif basınç sayesinde, ekspiryum sonunda distal havayollarının alveollerden önce kollabe olması önlenerek hava hapsinin önüne geçilir. Bu arada mevcut hava hapsi gelişmiş alanların da ekspiryumuna izin verilerek düzelmesi mümkün olur. Gerek sağlanan inspiratuvar basınç desteğinin etkisi gerekse intrinsek PEEP'in dengelenmesi sayesinde solunum işinde anlamlı bir azalma sağlanır. Solunum işinin azalması özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı ekzaserbasyonunda ve akut solunum yetmezliğinde büyük önem taşımaktadır (9-11).

NİV özellikle inspiratuvar eforu azaltarak solunum işini azaltmaktadır. Yapılan çalışmalarda solunum işindeki artış veya azalışı takip etmek amacıyla genellikle özefagiyal basınç değişiklikleri (Pes) ve transdiyafragmatik basınç (Pdi) değişiklikleri ölçülmüştür. NİV uygulanan çok geniş spektrumlu ve farklı ciddiyet derecesindeki kronik pulmoner hastalık gruplarının hepsinde de solunum işinde azalma sağlandığı gösterilmiştir. Bu çalışmalarda Pes 8-15 cmH<sub>2</sub>O (%50-76), Pdi ise 5-10 cmH<sub>2</sub>O (%42-62) azalma göstermiştir (12-21). Bu çalışmalarda ele alınan hastalık grupları içinde obstrüktif hastalıklar önemli bir yer tutmakla birlikte restriktif hastalıklar, obezite-hipoventilasyon sendromu, akut kardiyojenik pulmoner ödem gibi değişik gruplarda yer almaktadır. Solunum işinin azalmasına katkı sağlayan bir etken de akciğerin dinamik kompliyansının artmasıdır. NİV'in KOAH hastalarında, morbid obezitede ve restriktif göğüs duvarı hastalıklarında akciğer dinamik kompliyansını %17-50 arttırdığı gösterilmiştir (20,22,23).

Tidal volümün azalıp solunum frekansının artması solunum yetmezliğine götüren başlıca mekanizmalardandır. NİV ile solunum işinin azalması hem tidal volümün yeterli düzeye yükselmesine hem de solunum hızının normale dönmesine yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmalarda gösterilmiştir ki solunum işinin azalmasıyla tidal volümde yaklaşık 230 mL (%47) artış olmaktadır (9,16,17,24-27). Yayınlar arasında farklılıklar olmakla birlikte etkili NİV sonucunda solunum hızında elde edilen düşüş yaklaşık 6/dakika solunum (%22) olarak bildirilmektedir (9,10,13,15,16,28,29).

NİV ile kronik akciğer hastalıklarında erken ve geç dönemde gaz değişiminde anlamlı iyileşme elde edilmektedir. Yapılan çalışmaların hasta profili, hastalığın ciddiyeti, uygulanan NİV metodu gibi yönlerden farklılıkları olmakla birlikte akut uygulamalarda ortalama olarak arteriyal kan pH değerinde 0.06 artış, PaCO<sub>2</sub> değerinde 9 mmHg düşüş, PaO<sub>2</sub> değerinde 8 mmHg artış bildirilmektedir (25,28,30-33). Winck JC ve ark.

kronik solunum yetmezliğinde beş gece uygulanan nazal PAV (proportional assist ventilation) uygulaması ile PSV (pressure support ventilation) uygulamasını karşılaştırarak hasta toleransını ve fizyolojik etkileri araştırmışlardır. Sonuç olarak her iki yönteminde gündüz hiperkapnisini ve nokturnal desatürasyonu düzeltmede etkin olduğunu bildirmişlerdir (34).

NİV akut hipoksemik solunum yetmezliğinde de oksijenizasyonu arttırmakta, solunum işini azaltarak dispneyi azaltmaktadır. Ancak akut hipoksemik solunum yetmezliği hastalarında NİV başarısızlığı oranları obstrüktif hiperkapnik hastalara göre daha yüksek olduğundan uygun hasta seçimi yapılmalı ve hasta yakın monitörize edilerek NİV başarısızlığı halinde hızla entübasyonu çok önemlidir. Akut hipoksemik solunum yetmezliğinde NİV uygulamaları giderek daha fazla kullanılmaktadır. Modern NİV cihazları klasik invaziv mekanik ventilatörlere yakın yüksek oksijen konsantrasyonları sağlayabilmekte ve istenen konsantrasyonun doğru ayarlanmasına imkân vermektedirler. Uygulanan CPAP, PEEP gibi görev yaparak alveollerin kollabe olmasını önlemekte, kollabe olmuş alveollerin tekrar açılmasını sağlamaktadır. Böylece fonksiyonel rezidüel kapasite artmakta ve akciğerler daha uniform hale gelmektedir. CPAP pulmoner kapillerlerle alveoller arasındaki basınç gradiyentini azaltarak akciğerlerdeki ekstrasvasküler sıvı miktarını azaltmaktadır (35).

NİV uygulamalarının hemodinamik etkileri sağlıklı normal kişilerde ve çeşitli hastalık durumlarında altta yatan patofizyolojik mekanizmalarla ilişkili olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Ayrıca, PEEP uygulanıp uygulanmaması, kullanılan maske tipi gibi faktörler de etkili olmaktadır. Bir çalışmada sağlıklı normal kişilere 3-20 cmH<sub>2</sub>O basınç aralıklarında CPAP uygulandığında basınç ile ilişkili olarak kardiyak indeksin azaldığı (%19-23) bu düşüşün basınç 15 cmH<sub>2</sub>O düzeyinin üstüne çıktığında önemli boyuta ulaştığı bildirilmiştir (36). Benzer şekilde Philip-Joe ve ark. normal kontrol vakalarında uygulanan 10 cmH<sub>2</sub>O CPAP tedavisinin ve 15/10 cmH<sub>2</sub>O BiPAP tedavisinin kardiyak out-putu %19 azalttığını fakat sistemik kan basıncının değişmediğini göstermişlerdir (37).

KOAH atak nedeniyle 12 cmH<sub>2</sub>O basınç desteği ve 3 cmH<sub>2</sub>O PEEP uygulanan hasta grubunu inceleyen bir çalışmada kardiyak output (%13), sistemik oksijen dağılımı (%8) ve oksijen tüketiminde (%9) anlamlı bir azalma, pulmoner arter ortalama basıncında küçük ama anlamlı bir azalma (%8) saptanmıştır (31).

Diğer taraftan akciğer veya karaciğer transplantasyonu sonrasında akut solunum yetmezliği gelişen hastalarda uygulanan NİV anlamlı bir hemodinamik değişikliğe neden olmamıştır (38). Bu hasta grubunda akciğer kompliyansının azalmış olması nedeniyle pozitif havayolu basıncının pleval boşluğa iletilmesinin engellendiği düşünülmüştür.

Konjestif kalp yetmezliği olgularında ise NİV tedavisi kardiyak fonksiyonlar üzerine daha olumlu etki göstermektedir. Baratz ve ark. dekompanze konjestif kalp yetmezliği hastalarına nazal CPAP uygulayarak etkilerini araştırmışlardır. Ortalama 12 cmH<sub>2</sub>O

basıncında CPAP uygulanan hastaların yarısından fazlasında kardiyak indeks (%16), sistemik oksijen dağılımı (%19) ve oksijen tüketimi (%30) anlamlı şekilde artmıştır (39). Burada elde edilen pozitif plevra basıncının, sol ventrikül afterload'unu azaltarak kardiyak fonksiyonu iyileştirdiği düşünülmüştür. Diğer bir anlatımla NİV kalbe venöz dönüşü azaltarak sol ventrikül üzerine binen yükü azaltmakta, böylece kalp daha rahat çalışabilmektedir. Kısaca ifade etmek gerekirse kalp normal ise uygulanan PEEP kardiyak fonksiyonu azaltmakta ama kalbin artmış preload problemi varsa PEEP kardiyak fonksiyonu iyileştirmektedir.

## NİV Endikasyonları

Solunum yetmezliğinde tablonun ciddiyeti altta yatan patoloji ve daha birçok faktör gözönünde bulundurularak NİV uygulamasının gerekli olup olmadığına karar verilmektedir. Ancak asıl önemli nokta mutlak şekilde acil olarak invaziv mekanik ventilasyonun yani entübasyonun gerekli olduğu durumlarda ve kontrendikasyon mevcut olduğunda NİV denenmesinin doğru olmayacağıdır. Dünyanın birçok yerinden ulusal ve uluslararası derneklerin katılımıyla gerçekleşen bir konsensus toplantısında bu durumlar aşağıdaki şekilde tanımlanmış olup halen kabul görmektedir (40);

- Hava yolunu koruyamayacak ve sekresyonları temizleyemeyecek kadar bozulmuş kooperasyon,
- Ciddi bilinç kaybı,
- Yüksek aspirasyon riski,
- Akut ve hayatı tehdit edecek şekilde solunum dışında başka bir organ yetmezliği,
- Yüz cerrahisi, travması veya deformitesi,
- Hastanın uzun süreli mekanik ventilasyona bağlı kalacağına öngörülmesi,
- Yakın zamanda özefagiyal anastomoz yapılmış olması,
- Kardiyak veya solunumsal arrest durumu.

Ayrıca, bazı durumlarda kesin kontrendikasyon olmasa bile NİV'in başarısız olma ihtimali yüksektir. Bu durumların bilinmesi entübasyonun gereksiz şekilde ertelenmesini, morbidite ve morbiditenin artmasını önleyecektir. Bu durumlar genel olarak şunlardır;

- Pnömoni,
- Aşırı sekresyon,
- Gram-negatif basil kolonizasyonu (örneğin; *Pseudomonas aeruginosa*),
- Düşük vücut kitle indeksi,
- Genel durum bozukluğu,

- Yüksek APACHE II skoru,
- Bilinç durumunun bozuk olması,
- NİV başlamadan önce çok düşük pH,
- Başlangıçta başarılı olup sonradan durumun bozulması,
- Maske kaçığının minimize edilememesi,
- NİV cihazıyla uyum sağlayamama veya tolere edememe.

Şuur bulanıklığı bir kontrendikasyon olmakla birlikte eğer bu durum hiperkapniye bağlı gibi görünüyorsa ve başka bir etken düşünülüyorsa bu grup hastalarda NİV denenebilir ancak etkili bir tedavi yaklaşımıyla bir-iki saat içinde şuur durumunda iyileşme olmadığı takdirde hasta derhal entübe edilmelidir (41,42). Kardiyojenik pulmoner ödem ve akut hiperkapnik solunum yetmezliği dışında bir nedenle başlanan NİV uygulamasının başarısız olması halinde mortalite artmaktadır. Dolayısıyla bu iki durum dışındaki tablolarda invaziv mekanik ventilasyon endikasyonu olup olmadığı daha dikkatle değerlendirilmelidir. Bu nedenle NİV'in başarısız olacağını zamanında tespit etmek önem taşımaktadır. Erken dönemde NİV başarısızlığının göstergeleri şunlardır (6);

- PaCO<sub>2</sub>, solunum frekansı, kalp hızı ve dispnede artma olması,
- pH, tidal volüm, oksijenizasyonda azalma ve bilinç durumunda kötüleşme.

NİV endikasyonları cihazların mekanik özelliklerinin, yazılım alt yapılarının, modların ve maske arayüzlerinin gelişmesine paralel olarak giderek artmaktadır. Bu endikasyonlar genel olarak akut solunum yetmezliğine yol açan durumlarda NİV, kronik solunum yetmezliğine yol açan durumlarda NİV, entübasyonu engellemeye yönelik NİV, ekstübasyonu kolaylaştırmaya yönelik NİV, nokturnal NİV, evde uzun süreli NİV gibi başlıklar altında ele alınabilir. Bu konu başlıkları altında yer alan klinik durumlar ve hastalıklar kanıt derecelerine göre gruplandırıldığında; ciddi KOAH, weaning sürecinde KOAH ve akut kardiyojenik pulmoner ödem gibi tablolarda NİV uygulama endikasyonunu destekleyen çok sayıda kontrollü çalışmaya dayanan kuvvetli kanıtlar mevcuttur. Astım, kistik fibrozis, postoperatif solunum yetmezliği, ekstübasyon başarısızlığı ve entübe edilmek istenmeyen hasta gruplarında ise orta derecede kuvvetli kanıtlar mevcuttur. ARDS, üst havayolu obstrüksiyonu, travma hastaları ve obezite hipoventilasyon sendromu gibi durumlarda ise endikasyon kanıtları zayıftır. Bu konular ilgili bölümlerde ayrıntılı şekilde ele alınacaktır. Bu nedenle burada, çok sayıda kontrollü çalışmalarla ortaya konmuş kanıt derecesi kuvvetli bazı endikasyonlardan bahsetmekle yetinilecektir.

NİV uygulamasının sağladığı yararlar en belirgin olarak KOAH'a bağlı akut hiperkapnik asidoz tablosunda gösterilmiştir. Bu hasta grubunda hiperkapni düzelmiş, mortalite azalmış, entübasyon ihtiyacı azalmış ve hastanede kalış süresi kısalmıştır. Fakat hafif



atak tablosundaki kronik obstrüktif akciğer hastalığı tablosunda uygulanan NİV aynı derecede başarılı olmamakta ve hastaların tedaviyi tolere etme oranları da azalmaktadır (43).

Giriş bölümünde NİV uygulamasının kardiyovasküler sistem üzerine olan olumlu ve olumsuz etkilerinden söz edilmişti. Kardiyojenik pulmoner ödem hastalarında uygulanan NİV ile entübasyon oranlarının düştüğü, kalp hızının, dispne derecesinin, hiperkapninin ve asidozun düzeldiğini gösteren çok sayıda randomize çalışma ve meta-analiz bulunmaktadır (44,45). Son yıllarda yapılan 2916 kardiyojenik pulmoner ödem hastasına ait verilerin incelendiği 32 çalışmayı kapsayan bir meta-analizde NİV uygulamasıyla standart medikal tedavi karşılaştırılmış ve hem CPAP hem de BiPAP destek tedavinin hastane mortalitesini anlamlı şekilde azaldığı bildirilmiştir (46).

NİV endikasyonlarından biri de zor veya uzamış weaning durumlarında ekstübasyonu kolaylaştırmak amacıyla kullanımıdır. Kronik hava yolu obstrüksiyonu bulunan hastalar özellikle hiperkapnik respiratuvar asidoz tablosu da eşlik ediyorsa zor veya uzamış weaning riski taşımaktadırlar. Amaç bu hastaların erken ekstübasyonu, hastanede kalış süresinin ve komplikasyon oranlarının azaltılması, surviyi uzatması olduğunda NİV anlamlı bir iyileşme sağlamaktadır.

Hipoksemik solunum yetmezliği hastalarında uygulanan NİV ile ilgili sonuçlar arasında çelişkiler bulunmaktadır, ancak spesifik hasta grupları ele alındığında daha net sonuçlar bildirilmektedir. Farklı etyolojilere bağlı akut hipoksemik solunum yetmezliği olgularını içeren bir çalışmada tek başına standart tedaviyle karşılaştırıldığında standart tedaviyle birlikte NİV uygulamasının yoğun bakım mortalitesini ve entübasyon oranlarını azalttığı gösterilmiş olup, bu olumlu etki pnömoni tanılı alt grup hastalarda çok daha anlamlı bulunmuştur (47).

## Sonuç

Konumuzla ilgili altı çizilmesi gereken noktalar şöyle özetlenebilir. Hafif ve orta derecede asidozun eşlik ettiği, akut KOAH atağa bağlı olarak gelişen akut hiperkapnik solunum yetmezliğinde NİV ilk seçilecek tedavi yöntemidir. Diğer taraftan, hipoksemik solunum yetmezliğinde uygulanan NİV hiperkapnik solunum yetmezliğine göre çok daha fazla başarısızlık riski taşımaktadır. Hipoksemik solunum yetmezliğinde NİV, sadece sağlık ekibi bu konuda çok tecrübeliyse ve vital bulgular çok yakından takip edilebilecekse düşünülmelidir. Akut solunum yetmezliğinde NİV uygulamasının başarı veya başarısızlığını monitörize etmek için arter kan gazları, solunum frekansı, hemodinamik durum, dispne derecesi ve mental durum iyi izlenmelidir. Tedaviye cevabı değerlendirmek için NİV başladıktan bir-iki saat sonra klinik semptomlar ve yukarıda söz edilen diğer parametreler dikkate alınmalıdır. Geriye dönüşü olmayan olumsuzluklar yaşanmadan önce NİV başarısızlığının ön görülerek hastanın entübe edilmesi hayati öneme sahiptir.

**KAYNAKLAR**

1. Guérin C, Girard R, Chemorin C, et al. Facial mask noninvasive mechanical ventilation reduces the incidence of nosocomial pneumonia. A prospective epidemiological survey from a single ICU. *Intensive Care Med* 1997; 23:1024-1032.
2. Hess DR. Noninvasive positive-pressure ventilation and ventilator-associated pneumonia. *Respir Care* 2005;50: 924-929.
3. Colgan FJ, Barrow RE, Fanning GL. Constant positive-pressure breathing and cardiorespiratory function. *Anesthesiology* 1971;34:145-151.
4. Colgan FJ, Barrow RE, Marocco PP. The cardiorespiratory effects of constant and intermittent positive-pressure ventilation. *Anesthesiology* 1972;36(5):444-448.
5. Morgan BC, Martin WE, Hornbein TF, et al. Hemodynamic effects of intermittent positive pressure respiration. *Anesthesiology* 1966;27(5):584-590.
6. Schönhofer B. Starting and stopping acute NIV: when and why? In: Simonds AK, ed. *ERS Practical Handbook of Noninvasive Ventilation*, Sheffield, UK: Latimer Trend; 2015: 102-110.
7. Duiverman ML, Wijkstra PJ. Patients with acute-on-chronic hypercapnic respiratory failure due to non-COPD obstructive lung disease and interstitial disorders. In: Simonds AK, ed. *ERS Practical Handbook of Noninvasive Ventilation*, Sheffield, UK: Latimer Trend; 2015: 60-66.
8. Pepe PE, Marini JJ. Occult positive end-expiratory pressure in mechanically ventilated patients with airflow obstruction: the auto-PEEP effect. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126: 166-170.
9. Appendini L, Patessio A, Zanaboni S, et al. Physiologic effects of positive end-expiratory pressure and mask pressure support during exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149(5): 1069-76.
10. Ambrosino N, Nava S, Bertone P, et al. Physiologic evaluation of pressure support ventilation by nasal mask in patients with COPD. *Chest* 1992;101(2):385-391.
11. Renston JP, DiMarco AF, Supinski GS. Respiratory muscle rest using nasal BiPAP ventilation in patients with stable severe COPD. *Chest* 1994;105(4):1053-1060.
12. Elliott MW, Aquilina R, Green M, et al. A comparison of different modes of noninvasive ventilatory support: effects on ventilation and inspiratory muscle effort. *Anaesthesia* 1994;49(4):279-283.
13. Girault C, Richard J-C, Chevron V, et al. Comparative physiologic effects of noninvasive assist-control and pressure support ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 1997;111(6):1639-1648.
14. Porta R, Vitacca M, Clini E, Ambrosino N. Physiological effects of posture on mask ventilation in awake stable chronic hypercapnic COPD patients. *Eur Respir J* 1999;14(3):517-522.
15. Wysocki M, Richard JC, Meshaka P. Noninvasive proportional assist ventilation compared with noninvasive pressure support ventilation in hypercapnic acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2002;30(2):323-329.
16. Brochard L, Isabey D, Piquet J, et al. Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 1990;323(22):1523-1530.
17. Nava S, Ambrosino N, Rubini F, et al. Effect of nasal pressure support ventilation and external PEEP on diaphragmatic activity in patients with severe stable COPD. *Chest* 1993;103(1):143-150.
18. Kramer N, Meyer TJ, Meharg J, et al. Randomized prospective trial of noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151(6):1799-1806.

19. Sarullo FM, D'Alfonso G, Brusca I, et al. Efficacy and safety of pressure support noninvasive positive pressure ventilation therapy in acute cardiogenic pulmonary edema. *Monaldi Arch Chest Dis* 2004;62(1):7-11.
20. Poggi R, Appendini L, Polese G, et al. Noninvasive proportional assist ventilation and pressure support ventilation during arm elevation in patients with chronic respiratory failure: a preliminary, physiologic study. *Respir Med* 2006;100(6):972-979.
21. Toussaint M, Soudan P, Kinnear W. Effect of noninvasive ventilation on respiratory muscle loading and endurance in Duchenne patients. *Thorax* 2008;63(5):430-434.
22. Polese G, Vitacca M, Bianchi L, et al. Nasal proportional assist ventilation unloads the inspiratory muscles of stable patients with hypercapnia due to COPD. *Eur Respir J* 2000; 16(3):491-498.
23. Porta R, Appendini L, Vitacca M, et al. Mask proportional assist vs. pressure support ventilation in patients in clinically stable condition with chronic ventilatory failure. *Chest* 2002;122(2):479-488.
24. Vitacca M, Bianchi L, Zanotti E, et al. Assessment of physiologic variables and subjective comfort under different levels of pressure support ventilation. *Chest* 2004; 126(3):851-859.
25. Priniakakis G, Delmastro M, Carlucci A, et al. Effect of varying the pressurization rate during noninvasive pressure support ventilation. *Eur Respir J* 2004;23(2):314-320.
26. Wysocki M, Meshaka P, Richard J-C, Similowski T. Proportional assist ventilation compared with pressure-support ventilation during exercise in volunteers with external thoracic restriction. *Crit Care Med* 2004;32(2):409-414.
27. O'Donoghue FJ, Catcheside PG, et al. Effect of CPAP on intrinsic PEEP, inspiratory effort, and lung volume in severe stable COPD. *Thorax* 2002;57(6):533-539.
28. Navalesi P, Fanfulla F, et al. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with hypercapnic respiratory failure. *Crit Care Med* 2000;28(6):1785-1790.
29. Vitacca M, Nava S, Confalonieri M, et al. The appropriate setting of noninvasive pressure support ventilation in stable COPD patients. *Chest* 2000;118(5):1286-1293.
30. Ambrosino N, Nava S, Torbiki A, et al. Haemodynamic effects of pressure support and PEEP ventilation by nasal route in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1993;48(5):523-528.
31. Diaz O, Iglesia R, Ferrer M, et al. Effects of noninvasive ventilation on pulmonary gas exchange and hemodynamics during acute hypercapnic exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156(6):1840-1845.
32. L'Her E, Deye N, Lellouche F, et al. Physiologic effects of noninvasive ventilation during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;172(9):1112-1118.
33. Thys F, Roeseler J, Reynaert M, et al. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure: a prospective randomized placebo-controlled trial. *Eur Respir J* 2002;20(3):545-555.
34. Winck JC, Vitacca M, Morais A, et al. Tolerance and physiologic effects of nocturnal mask pressure support vs. proportional assist ventilation in chronic ventilatory failure. *Chest* 2004;126(2):382-388.
35. Theerawit P, Sutherland Y, Pelosi Y. The patient with acute hypoxaemic respiratory failure excluding pulmonary oedema. In: Simonds AK, ed. *ERS Practical Handbook of Noninvasive Ventilation*, Sheffield, UK: Latimer Trend; 2015: 67-71.
36. Valipour A, Schneider F, Kossler W, et al. Heart rate variability and spontaneous baroflex sequences in supine healthy volunteers subjected to nasal positive airway pressure. *J Appl Physiol* 2005;99(6):2137-2143.

37. Philip-Joe't FF, Paganelli FF, Dutau HL, Saadjian AY. Hemodynamic effects of Bilevel nasal positive airway pressure ventilation in patients with heart failure. *Respiration* 1999;66(2):136-143.
38. Kilger E, Briegel J, Haller M, et al. Effects of noninvasive positive pressure ventilatory support in non-COPD patients with acute respiratory insufficiency after early extubation. *Intensive Care Med* 1999;25(12):1374-1380.
39. Baratz DM, Westbrook PR, Shah PK, Mohsenifar Z. Effect of nasal continuous positive pressure on cardiac output and oxygen delivery in patients with congestive heart failure. *Chest* 1992;102(5):1397-1401.
40. Organized jointly by the American Thoracic Society, the European Respiratory Society, the European Society of Intensive Care Medicine, and the Société de Réanimation de Langue Française, and approved by ATS Board of Directors, December 2000. *International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute Respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:283-291.
41. Díaz GG, Alcaraz AC, Talavera JC, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation to treat hypercapnic coma secondary to respiratory failure. *Chest* 2005; 127:952-960.
42. Scala R, Naldi M, Archinucci I, et al. Noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute exacerbations of COPD and varying levels of consciousness. *Chest* 2005; 128:1657-1666.
43. Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, Hill NS. Which patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease benefit from noninvasive positive-pressure ventilation? A systematic review of the literature. *Ann Intern Med* 2003; 138:861-870.
44. Masip J, Roque M, Sánchez B, et al. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2005; 294:3124-3130.
45. Weng CL, Zhao YT, Liu QH, et al. Meta-analysis: Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *Ann Intern Med* 2010; 152:590-600.
46. Vital FM, Ladeira MT, Atallah AN. Non-invasive positive pressure ventilation (CPAP or bilevel NIV) for cardiogenic pulmonary oedema. *Cochrane Database Syst Rev* 2013; :CD005351.
47. Ferrer M, Esquinas A, Leon M, et al. Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure: a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168:1438-1444.

# Yoğun Bakım Ventilatörü ve BiPAP İle Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulamalarındaki Farklılıklar

Akın Kaya, Aydın Çiledağ

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara

## GİRİŞ

Noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV), endotrakeal entübasyon uygulanmadan ventilasyon desteğinin sağlanmasıdır. İlk kez 1990'lı yıllarda kullanıma girmesinden itibaren, farklı nedenlere bağlı akut solunum yetmezliği tedavisinde nazal veya oronazal maske aracılığıyla uygulanan NİV'in etkinliği birçok çalışma ile değerlendirilmiştir. Randomize kontrollü çalışmalar, bu tedavi yönteminin KOAH akut atağı, akut kardiyojenik pulmoner ödem, immünsüpresif hastalarda hipoksemik solunum yetmezliğinde ve KOAH hastalarında weaningde kuvvetli kanıt derecesinde etkili olduğunu ve başlıca KOAH akut atağında olmak üzere invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacını, mortaliteyi ve hastanede kalış süresini azalttığını göstermiştir (1,2). Ayrıca, son yıllarda diğer nedenlere bağlı akut solunum yetmezliğinde etkinliği ile ilgili değittikçe artan sayıda çalışma bulunmaktadır.

Farklı nedenlere bağlı akut solunum yetmezliğinde NİV yaygın olarak kullanılmasına rağmen, her zaman başarılı olamamaktadır. Bu durumda, komplikasyon riskinin daha yüksek olduğu invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı gelişmekte olup, hastane yatış süresinde uzama ve mortalitede artma görülebilmektedir. Yapılan çalışmalarda, NİV'in başarısı ile ilgili bazı faktörler bildirilmiş olup, NİV öncesi bu parametrelerin dikkate alınması durumunda tedavi başarı şansını artırmak mümkün olmaktadır. NİV'un başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için hastaya uygun maske, uygun ventilatör bağlantıları ve uygun ventilatör seçimi yapılmalıdır. Hasta uyumu, toleransı ve aşırı hava kaçığı NİV başarısızlığı ile belirgin ilişkili olduğundan, ventilatör seçimi, NİV başarısında önemli bir rol oynayabilir (3,4). Günümüzde NİV için, spesifik olarak NİV için tasarlanmış olan

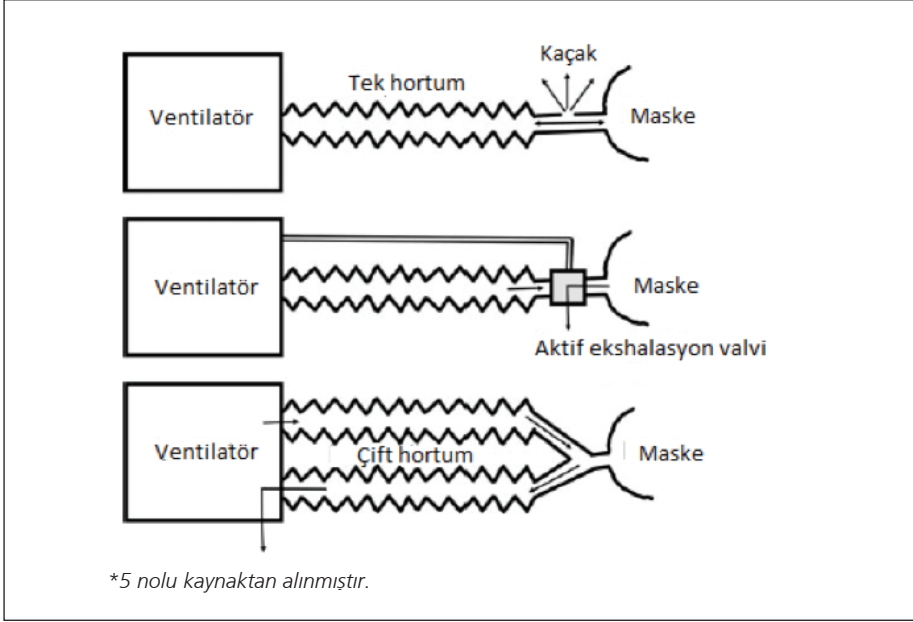
portabl bilevel ventilatörler, transport ventilatörler ve YBÜ ventilatörleri olmak üzere 3 tip ventilatör bulunmaktadır. Hastanın solunum talebine uygun NİV ayarları sağlanmadığında hasta-ventilatör asenkronisi veya konforsuzluğu görülebilir, bu nedenle ventilatörün teknik özellikleri (örneğin; tetikleme ve devre sisteminin etkinliği, basınç artış hızı, hava kaçağı kompanzasyonu, CO<sub>2</sub> yeniden soluması, uygulanabilen FiO<sub>2</sub>, alarm ve monitörizasyon özellikleri) iyi bilinmelidir. **Tablo 1**'de NİV için ventilatör seçiminde dikkate alınması gereken kriterler gösterilmiştir (5).

Günümüzde NİV için, bilevel ventilatörler yaygın olarak kullanılmaktadır. CPAP cihazı yüksek devirli bir jeneratör, düşük dirençli bir hortum ve basıncı ayarlamaya yarayan valvlerden oluşan bir çeşit kompresördür. Bilevel cihazlar ise, PSV ve PEEP uygulayan, basınç sikluslu portabl ventilatörlerdir. Bilevel ventilatörler ile inspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (İPAP) ve ekspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (EPAP) ayarları yapılır. İPAP'ın pressure support ile PEEP'in toplamına eşit olması dışında bu ayarlar yoğun bakım tipi ventilatörlerdeki pressure support ve PEEP'e benzerdir. Teknik olarak CPAP cihazlarından farkı, iki ayrı havayolu basıncı oluşmasına olanak sağlayan manyetik bir valv taşımasıdır. Bilevel ventilatörler, hasta için bir pasif ekshalasyon portu olarak çalışan kaçak portu bulunduran tek hortumlu devre kullanırlar. Kaçak portu, devrede hastaya yakın noktada veya maske üzerinde bulunur (**Şekil 1**). Pasif ekshalasyon portu kullanan tek devreli sistemde yeniden soluma riski olmasına rağmen, devreden CO<sub>2</sub> eliminasyonu için yeterli akım sağlayan cihazların geliştirilmesi ile bu risk azalmıştır. Ayrıca, kaçak portunun ve oksijen desteğinin devre yerine maskede olması ve daha yüksek ekspiratuvar basınç ayarlanması ile yeniden soluma riski azaltılabilir (6-8).

NİV sırasında maske kullanıldığından hemen her zaman hava kaçağı söz konusudur. Bu da hasta konforunu azaltıp, hasta-ventilatör asenkronisine neden olabilmekte ve NİV başarı şansını azaltabilmektedir. Bilevel cihazların önemli bir avantajı hava kaçağı kompanzasyonun daha iyi olmasıdır. Bilevel cihazlarda, kaçak durumunda inspiratuvar akım (120-180 L/dakika kadar) ve inspiriyum süresi artarak kaçak kompanzasyonu sağlanmaya çalışılır. Örneğin; kaçak varlığında volüm hedefli ventilatörlerde tidal volümde %50'den fazla azalma izlenirken, bilevel ventilatörlerde bu oranın %10'dan düşük

**Tablo 1.** NİV için ventilatör seçiminde dikkate alınması gereken kriterler

- Kaçak kompanzasyonu
- Yeniden soluma
- Modlar
- Tetikleme ve hastanın solunum paterni ile uyum
- Monitörizasyon parametreleri
- Alarmlar
- Taşınabilirlik (boyut, ağırlık, pil)
- Maliyet
- Diğer teknik özellikler (inspiratuvar akım hızı, rise time, backup solunum sayısı, uygulanabilen FiO<sub>2</sub>, uygulanabilen minimum ve maksimum İPAP ve EPAP)



**Şekil 1.** Bilevel ve YBÜ ventilatör devreleri.

olduğu bildirilmiştir (9). Ayrıca, bazı bilevel cihazlarda hastanın konforunu ve senkronizasyonu artırabilecek, ayarlanabilir rise time ve inspirasyon süresini ayarlayabilme özellikleri vardır.

NİV için kullanımda olan ve gaz kaynağı, oksijen desteği, inspiratuvar tetikleme ve ekspiratuvar siklus, inspiratuvar akım hızı, rise time, backup solunum sayısı, hava kaçak kompanzasyonu, modlar, uygulanabilen minimum ve maksimum İPAP ve EPAP, alarm ve monitörizasyon gibi teknik özellikler bakımından farklı pek çok bilevel ventilatör bulunmakta olup, hastanın solunum ihtiyacına ve uyumuna göre uygun teknik özellikleri taşıyan ventilatörün seçimi oldukça önemlidir. Örneğin; birçok bilevel ventilatörde oksijen desteği maskeye bağlanan kanül ile sağlanır ve yüksek  $FiO_2$  desteği verilemeyebilir. Bazı yeni ventilatörlerde hava-oksijen karıştırıcısı bulunmakta olup, %100'e kadar  $FiO_2$  verilebilir. Bu nedenle ağır hipoksemik solunum yetmezliğindeki bir hastada yüksek  $FiO_2$  sağlayan bir bilevel ventilatör seçimi yapılmalıdır. Bilevel ventilatörler, NİV için dizayn edilmiş olmalarına rağmen, hasta-ventilatör asenkronisi görülebilmektedir. Örneğin; Vignaux ve ark.larının yaptıkları çalışmada, akut solunum yetmezliği nedeni ile NİV uygulanan 60 hastanın, %13'ünde oto-tetikleme, %15'inde çift-tetikleme, %13'ünde inefektif destek, %12'sinde prematür siklus ve %23'ünde geç siklus izlenirken, hastaların %46'sında ciddi asenkroni saptanmıştır (10). Bu nedenle, NİV, bilevel ventilatörlerle de uygulansa, ventilatörün teknik özellikleri iyi bilin-

meli ve hastanın solunum destek ihtiyacına göre uygun ayarların yapılması NİV başarısı için oldukça önemlidir.

YBÜ ventilatörleri, inspiratuvar ve ekspiratuvar valvlerin bulunduğu çift hortumlu devre kullanır (**Şekil 1**). YBÜ ventilatörleri pahalı cihazlardır, ama yüksek basınçlar ve  $FiO_2$  sağlayabilme ve detaylı monitörizasyon gibi avantajları vardır. Ayrıca, bilevel ventilatörlerde tek hortumlu devreler kullanıldığından yeniden soluma ve dolayısıyla  $CO_2$  retansiyon riski vardır. YBÜ ventilatörlerinde çift hortumlu devre kullanılması nedeni ile yeniden soluma görülmez. Ancak geleneksel olarak, kaçağın minimal veya hiç olmadığı endotrakeal tüp aracılığı ile invaziv ventilasyon için üretilmiş olmaları nedeni ile kaçak kompensasyonu yeterli olmayıp, kaçak durumunda ventilasyon desteği yeterli olamamakta ve hasta-ventilatör uyumsuzluğu görülebilmektedir. Bununla birlikte, yeni üretilen bazı cihazlarda bu problemi çözmek için bu ventilatörlerde NİV modu geliştirilmiştir.

YBÜ ventilatörleri ile NİV'in etkinliği ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Deneysel bir çalışmada, akciğer modeli örneğinde NİV modu bulunan sekiz farklı YBÜ ventilatör ile NİV uygulanmış ve kaçağın, ventilatörlerin çoğunda asenkroniye yol açtığı, ancak makineler arasında önemli farklar olmakla birlikte ventilatörlerin çoğunda NİV modunun bu problemleri kısmen veya tamamen düzelttiği bulunmuştur (11). Daha sonra, aynı araştırmacı tarafından yapılan klinik çalışmada, 65 hastada oronazal maske aracılığı ile YBÜ ventilatörü ile 30 dakika ara ile NİV modu deaktive ve aktive edilerek NİV uygulanmış ve oto-tetikleme, çift-tetikleme ve prematür siklus, her iki uygulamada benzer olarak saptanırken, NİV modunda inefektif soluklar, gecikmiş siklus ve kaçağa bağlı asenkroni sayısı anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (12). Önce deneysel, sonra 15 hastayı kapsayan bir klinik çalışmada ise, sekiz YBÜ ventilatörü, 5 transport ventilatörü ve 6 bilevel ventilatör değerlendirilmiş ve deneysel aşamada, YBÜ ventilatörleri ile transport ventilatörlerinde, kaçak varlığında, sık oto-tetikleme ve gecikmiş siklus gözlenirken, bu ventilatörlerde NİV modunun aktive edilmesi ile bu asenkronilerin azaldığı saptanmış, bilevel ventilatörlerde ise biri dışında diğerlerinde asenkroni izlenmediği bulunmuştur (13). Klinik çalışma fazında ise, bilevel ventilatörlerde, NİV modunun hem kullanıldığı hem de kullanılmadığı YBÜ ventilatörlere göre asenkroni indeksi anlamlı olarak daha düşük olduğu saptanmıştır. Bir başka akciğer modeli çalışmasında, 7 YBÜ ventilatörü ve 1 bilevel ventilatörün kaçak kompensasyonları değerlendirilmiş ve başlangıçta tüm ventilatörlerin simülatör ile senkronize olduğu izlenirken, kaçak varlığında, NİV modunda 4 ventilatör, invaziv modda ise 2 ventilatörün senkronize olduğu ve sadece 2 ventilatörün tüm kaçaklarda kompanzasyon sağladığı ve kaçak durumunda ek ayar ihtiyacı göstermediği bildirilmiştir (14). Ferreira ve ark. larının yaptıkları deneysel çalışmada, KOAH akciğer modelinde bir bilevel ventilatör ile 9 YBÜ ventilatörü karşılaştırılmış ve kaçak varlığında sadece bilevel ventilatör ile 1 YBÜ ventilatöründe kaçak kompanzasyonunu iyi olduğu ve ventilatörde ek ayar ihtiyacı gelişmediği saptanmıştır (15).



## Sonuç

Son yıllarda, farklı nedenlere bağlı akut solunum yetmezliğinde NİV çok sık olarak uygulanmakta olup, etkinliği pek çok çalışmada gösterilmiştir. NİV, spesifik olarak NİV için tasarlanmış olan portabl bilevel ventilatörler, transport ventilatörleri ve YBÜ ventilatörleri olmak üzere 3 tip ventilatör ile uygulanabilmektedir. Bilevel ventilatörlerin, avantajları; ucuz olmaları, taşınabilir (portabl) olmaları ve kaçak kompanzasyonunun iyi olmasıdır. Bu cihazlar yaygın olarak kullanılmakta olup, hasta-ventilatör uyumsuzluğunun görülebildiği bildirilmekle birlikte, etkinliği birçok çalışmada gösterilmiştir. YBÜ ventilatörleri ile NİV konusunda ise daha az sayıda çalışma bulunmaktadır. YBÜ ventilatörleri; pahalı cihazlar olmasına rağmen, yüksek basınçlar ve  $FiO_2$  sağlayabilme, detaylı monitörizasyon ve çift hortumlu devre sayesinde yeniden solumanın görülmemesi gibi avantajları vardır. Ancak geleneksel olarak, kaçağın minimal veya hiç olmadığı endotrakeal tüp aracılığı ile invaziv ventilasyon için üretilmiş olmaları nedeni ile kaçak kompanzasyonu yeterli değildir. Bununla birlikte, yeni üretilen YBÜ ventilatörlerinde NİV modu geliştirilmiş ve bu mod ile asenkronilerin azaltılabileceği gösterilmiştir. Bu nedenle, NİV başarısı için ventilatör seçimi çok önemlidir ve ventilatörün teknik özelliklerinin iyi bilinmesi ve hastanın solunum destek ihtiyacını karşılayacak teknik özelliklere sahip uygun ventilatörün seçimi, ayarların yapılması ve hasta-ventilatör uyumunun monitörizasyonu tedavi başarısı için oldukça önemlidir.

### KAYNAKLAR

1. Ram FS, Picot J, Lightowler J, Wedzicha JA. Non-invasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2004;3:CD004104.
2. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002;57:192-211.
3. Carlucci A, Richard JC, Wysocki M, et al. SRL Collaborative Group on Mechanical Ventilation. Noninvasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:874-80.
4. Soo Hoo GW, Santiago S, Williams AJ. Nasal mechanical ventilation for hypercapnic respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease: determinants of success and failure. *Crit Care Med* 1994;22:1253-61.
5. Hess DR. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Respir Care* 2013;58:950-72.
6. Schettino GP, Chatmongkolchart S, Hess DR, Kacmarek RM. Position of exhalation port and mask design affect CO<sub>2</sub> rebreathing during noninvasive positive pressure ventilation. *Crit Care Med* 2003;31:2178-82.
7. Ferguson GT, Gilmartin M. CO<sub>2</sub> rebreathing during BiPAP ventilatory assistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151(4):1126-35.
8. Thys F, Liistro G, Dozin O, et al. Determinants of FIO<sub>2</sub> with oxygen supplementation during noninvasive two-level positive pressure ventilation. *Eur Respir J* 2002;19:653-7.

9. Highcock MP, Shneerson JM, Smith IE. Functional differences in bilevel pressure preset ventilators. *Eur Respir J* 2001;17(2):268-73.
10. Vignaux L, Vargas F, Roeseler J, et al. Patient-ventilator asynchrony during non-invasive ventilation for acute respiratory failure: a multicenter study. *Intensive Care Med* 2009;35:840-6.
11. Vignaux L, Tassaux D, Jolliet O. Performance of noninvasive ventilation modes on ICU ventilators during pressure support: a bench model study. *Intensive Care Med* 2007;33:1444-51.
12. Vignaux L, Tassaux D, Caretaux G, et al. Performance of noninvasive ventilation algorithms on ICU ventilators during pressure support: a clinical study. *Intensive Care Med* 2010;36:2053-9.
13. Carreaux G, Lyazidi A, Cordoba-Izquierdo A, et al. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: a bench and clinical study. *Chest*. 2012;142:367-76.
14. Oto J, Chenelle CT, Marchese AD, Kacmarek RM. A comparison of leak compensation in acute care ventilators during noninvasive and invasive ventilation: a lung model study. *Respir Care* 2013;58:2027-37
15. Ferreira JC, Chipman DW, Hill NS, Kacmarek RM. Bilevel vs ICU ventilators providing noninvasive ventilation: effect of system leaks: a COPD lung model comparison. *Chest* 2009;136:448-56.

# Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Başarısını Etkileyen Fizyolojik Parametreler

Fatma Yıldırım

*SBÜ, Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

## GİRİŞ

Akut solunum yetmezliğinde (ASY) noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) kullanımı 1940'larda başlamasına rağmen son 20 yılda ASY yönetiminde destek tedavi seçeneklerinden biri haline gelmiştir. Çok merkezli çalışmalar 1997'den 2011'e kadar 15 yıl boyunca NİV kullanımının %29'dan %42'ye arttığını, NİV başarısının %69'tan %84'e çıktığını göstermektedir (1). Yapılan bu çalışmalarda, NİV başarısızlığı endotrakeal entübasyon ihtiyacının ortaya çıkması ya da ölümün gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. NİV başarısızlığı altta yatan solunum yetmezliğinin nedenine bağlı olarak %5-60 arasında değişkenlik göstermektedir (2).

NİV başarısızlığı ASY'nin nedenini de içeren birçok nedene bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir (3,4). Özellikle denovo ASY'i gelişen hastalarda NİV başarısızlığı mortalite için bağımsız risk faktörüdür (5). Bu nedenle NİV uygulanan hastalar, altta yatan solunum yetmezliği nedeni göz önünde bulundurularak entübasyon ihtiyacı için yakın monitorize edilmelidir. NİV başarısızlığın belirteçlerinin değerlendirmek üzere birçok çalışma yapılmıştır. Mevcut randomize kontrollü çalışmalar ışığında dakikalar ile bir saat içerisinde ortaya çıkan hızlı başarısızlık, 1 ile 48 saat içerisinde ortaya çıkan erken başarısızlık ve 48. saatten sonra ortaya çıkan geç başarısızlık olmak üzere üç tür başarısızlık tanımlanmıştır (6-10). Bu bölümde NİV başarısızlığı için hastaya bağlı fizyolojik risk faktörleri tartışılacaktır.

## Hasta ile ilişkili risk faktörleri

### I. Uygun Hasta Seçimi

NİV başarısızlığında hasta ilişkili faktörler en önemli yeri almaktadır. Uygun hastaya, doğru klinik endikasyonda başlamak hızlı ortaya çıkan başarısızlığı (dakikalar-bir saat) önlemekte esastır. Kardiyak ve solunum arresti ve maskenin uygulanmasına engel olan bir yüz patolojisi durumunda NİV uygulaması mutlak kontrendikedir. Bunun dışında solunum yetmezliği dışında ciddi organ yetmezliği olan örneğin ciddi ensefalopatisi olan ve Glasgow koma skoru (GKS) 10'un altında olan, ciddi üst gastrointestinal sistem kanaması olan, hemodinamisi stabil olmayan ve ciddi aritmisi olan hastalarda NİV uygulaması göreceli kontrendikedir. Ayrıca, solunum yollarını koruyamayan, aspirasyon riski yüksek, maskenin oturmasına engel teşkil edecek fasiyal cerrahi ya da travma geçirmiş ya da üst solunum yolu obstrüksiyon riski olan hastalarda yine NİV uygulaması göreceli kontrendikedir. Kontrendikasyon oluşturan hasta grubu göz önüne alınmadığında NİV başlanır başlanmaz ilk bir saat içerisindeki başarısızlık %15 civarındadır (**Tablo 1**) (1,3,11,12).

NİV'de endotrakeal entübasyondan farklı olarak havayollarının direkt kontrolü sağlanamamaktadır. Bu nedenle NİV uygularken en önemli noktalardan biri solunum sekresyonlarının yeterli öksürük refleksi ile temizlenerek havayolu açıklığının sağlanmasıdır. Bunun için yeterli öksürük refleksi oluşabilmesi için hastanın bilincinin de yeterince açık ve koopere olması gerekmektedir (14,15). Bilinci konfü ve öksürük refleksi zayıf olan hastalarda solunum sekresyonları temizlenemeyeceğinden NİV uygulaması göreceli kontrendikedir (11,12). Bu aşamada bazı çalışmalarda solunum sekresyonlarının manuel olarak ya da mekanik fizyoterapi ile temizlenerek NİV uygulanabileceği belirtilmektedir (16,17). Solunum sekresyonlarının temizlenmesinde NİV başlamadan önce fiberoptik bronkoskopi yapılması da diğer bir seçenektir.

Hiperkapnik ensefalopati veya koma nedeniyle bilinç düzeyindeki düşüklük ve hasta kooperasyonunun kötü olması hızlı NİV başarısızlığı için önemli bir faktördür. Ayırı-

**Tablo 1.** Akut solunum yetmezliğinin nedenine bakılmaksızın NİV'den kaçınılması gereken durumlar (13)

- Kardiyak ya da solunum arresti
- Koma, epilepsi ya da ciddi santral sinir sistemi bozuklukları
- Havayollarını koruyamama ve solunum sekresyonlarını temizleyememe
- Hemodinaminin stabil olmaması (Kan basıncı ve ritim bozukluğu)
- Üst solunum yolu obstrüksiyonu
- Yakın zamanda geçirilmiş fasiyal cerrahi, travma, yanık, deformite ya da maskenin yüze oturmasına engel teşkil eden durumlar (Helmet kullanılmadığı durumlarda)
- Üst gastrointestinal kanama
- Drenajsız pnömotoraks
- Aşırı kusma

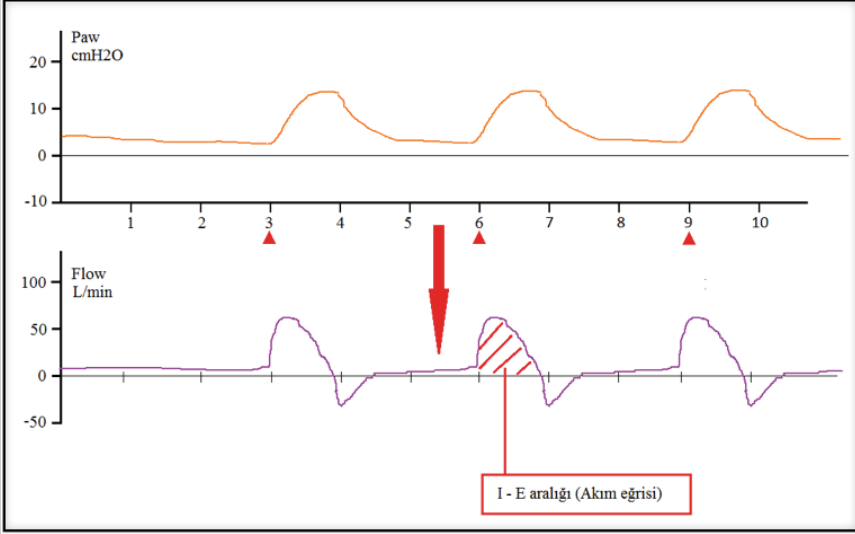
ca, aspirasyon riski nedeniyle NİV için göreceli kontrendikasyon bir durumdur (11). NİV altında nörolojik durumun hızlıca düzelerek aspirasyon riskinin azalacağı ve NİV başarısızlığının hiperkapnik ensefalopatisi olan ve olmayan hastalar arasında benzer olduğu da belirtilmektedir (18). Bilinç düzeyi kötü olan bu hasta grubunda back-up alarm ayarlarının iyi yapılması veya basınç kontrollü mod ile NİV yapılması bilinç düzeyi kötü olan hastaların NİV altında yönetimini kolaylaştırabilir. Ayrıca, hiperkapniye bağlı ensefalopatisi olan hastalarda yüksek  $FiO_2$  değerlerinin "Haldane" etkisi ile  $PaCO_2$  ve pH'yı kötüleştirebileceği unutulmamalıdır. Bu hasta grubunda düşük  $FiO_2$  ile NİV'e başlanmalıdır (19).

Amerikan Toraks Derneği'nin (ATS) konsensus bildirgesinde bilinç düzeyindeki bozukluk NİV uygulaması için göreceli kontrendikasyon olarak belirtilmektedir (20). Birçok çalışmada NİV başlangıcındaki bilinç düzeyi (GKS'nin yüksek olması) NİV başarısı ile korele bulunmuştur (21).

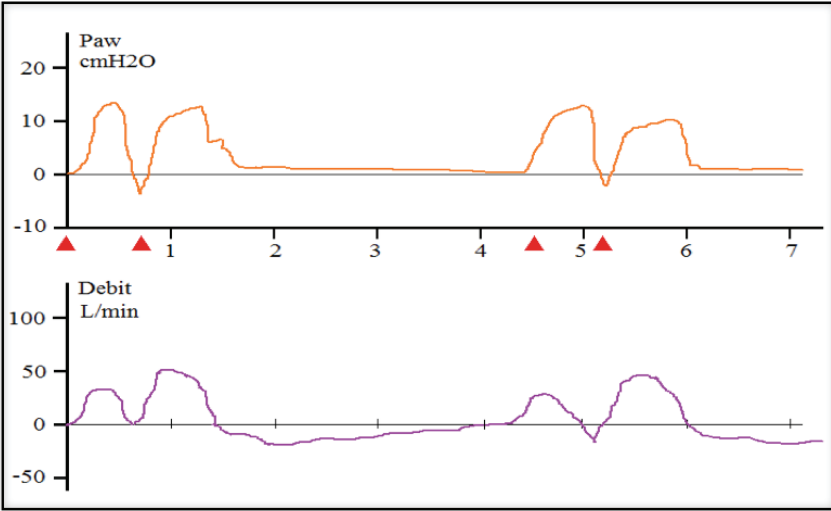
### III. Hastanın Uyumu ve Hasta-Ventilatör Senkronisi

NİV'in başladığı ilk dakikalarda hastanın maskeye ve cihaza uyumu NİV başarısında çok önemlidir. Hastanın kooperasyonu doktor ya da hemşire tarafından yapılarak hasta ile ventilatör arasındaki uyum sağlanmalıdır. İlk aşamada hasta ile konuşularak, ventilatöre bakılarak ekrandan dalga formları yorumlanarak bu uyum sağlanabilir. Tüm bunlara rağmen hastanın ajitasyonu devam ediyor ve maskeyi uygulamayı reddediyorsa uygun düzeyde sedasyon kullanımı düşünülebilir. Sedasyon ile ilgili ayrıntılar kitabın NİV sırasında sedasyon bölümünde anlatılmıştır.

Hızlı NİV başarısızlığının önemli nedenlerinden biri hasta-ventilatör uyumsuzluğu olabilir. Asenkroni hastayı gözlemleyerek kolayca anlaşılabilir. NİV başlanmasına rağmen hastanın fizik muayenesinde solunum sıkıntısının devam ettiğini gösteren interkostal çekilme, yardımcı solunum kaslarının kullanımı ve terleme olması, ventilatör ekranındaki hastanın spontan solunum sayısı ile ventilatör tarafından sağlanan solunum arasındaki uyumsuzluk ile de anlaşılabilir. Ventilatör dalga formları incelenerek senkroniyi sağlayacak değişiklikler yapılabilir. Yüksek düzeyde ventilatör desteği ve fazla miktardaki hava kaçığı asenkroninin en önemli nedenleridir (**Sekil 1**). Kaçıklar için mutlaka maske ve devre kontrol edilmelidir. Gereksiz nazogastrik sonda nedeniyle kaçak oluyorsa nazogastrik sonda çekilebilir. Hastalarda zaman zaman uzun sakallar nedeniyle kaçak olabilir, hastadan onam alınıp sakallar kesilebilir. Ağız açıklığını daha iyi sağlayıp kaçığı azaltmak için varsa hastanın takma dişleri takılabilir. Tetik hassasiyeti değiştirilebilir, hastanın tetikleme eforu mümkün olduğunca az, tetikleme gecikmesi mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Hasta ventilatörü tetiklemekte zorlanıyor olabilir (**Sekil 2**). Oto-tetikleme hasta eforu olmaksızın ventilatörün tetiklenmesidir. Tetikleme eşliğinin çok düşük olması, kaçak, devredeki sıvı, kardiyak osilasyonlar solunum sayısının düşük olması veya zayıf solunum dürtüsü oto-tetiklemeye sebep olabilir (**Sekil 3**). İntrinsik PEEP'i yüksek olan hastalarda PEEP artırılabilir. Maske hastanın yüzüne büyük geliyor

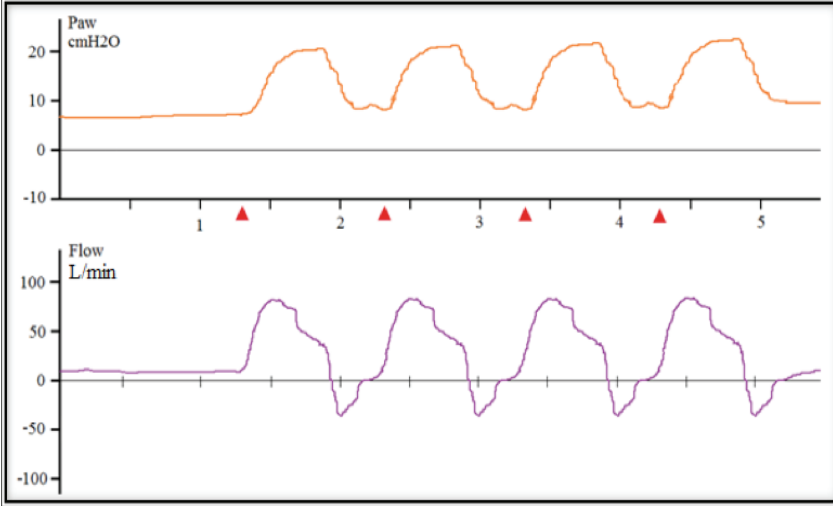


Şekil 1. Kaçak.



Şekil 2. Çift Tetikleme.

ise maske küçültülebilir. Senkronizi sağlamak için neutrally adjusted ventilatör asist (NAVA) gibi asenkroniyi azaltan modlara geçilebilir (22,23).



**Şekil 3.** Oto-tetikleme.

#### IV. Kangazı Değerleri

NİV başlanan hastanın arteriyal kan gazındaki tüm değerler dikkatlice incelenmelidir. Başlangıçtaki pH değeri (asidoz derecesi) başarı için çok önemli bir faktördür. İlk saatlerdeki pH değerindeki düzelme ile birlikte solunum sayısındaki azalma önemli bir parametredir (4). Abrosma ve ark.'nın çalışmasında başlangıç pH değeri %97 sensitivite ve %71 spesifisiteyle NİV başarısını belirleyen faktör olarak belirtilmiştir (21). Antonio ve ark.'nın çalışmasında, NİV başarısı ile birinci saatin sonundaki pH, PaCO<sub>2</sub> değerleri ve bilinç düzeyi ilişkili bulunmuştur (24). Birinci saatin sonundaki bilinç düzeyindeki düzelme büyük ihtimalle PaCO<sub>2</sub>'deki düşüş ile ilişkilidir. Toplum kökenli pnömonisi olan ciddi ARDS eşlik eden ve etmeyen hastalarda NİV başlandıktan sonra birinci saatteki HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> değeri NİV başarısızlığı riskini artıran bir faktördür. PaO<sub>2</sub>/FİO<sub>2</sub> oranı yanı sıra akut akciğer hasarı (ALI) olan hastalarda metabolik asidoz (pH < 7.35) NİV başarısızlığı için önemli bir faktördür (25,26).

#### V. Hastalık Ciddiyeti

NİV başarısı için hastanın başlangıçtaki hastalık ağırlık ciddiyeti de önemlidir. Yapılan çalışmaların çoğunda hastalık ciddiyeti APACHE II skoru, basitleştirilmiş akut fizyoloji skoru II [Simplified Acute Physiology Score (SAPS II)] skoru ile belirlenmiştir. Bu skorlardaki artış birçok çalışmada NİV başarısızlığı ile ilişkili bulunmuştur.

Antonelli ve ark.'nın çok merkezli, 1809 hastayı içeren prospektif çalışmasında NİV başarısı %93.4 bulunmuştur. Başlangıçtaki SAPS II skoru, komorbidite varlığı, başlangıç-

taki ve birinci saatin sonundaki pH, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> oranı hastane mortalitesi için bağımsız risk faktörleri olarak bulunmuştur. Antonelli'nin gerçek yaşam verilerini yansıttığı bu çalışmaya göre komorbiditeleri fazla, hastalık ciddiyeti yüksek ve birinci saatin sonunda arteriyel kan gazı değerlerinde düzelme olmayan hastalar NİV'den fayda görmemektedir (27).

## VI. Solunum Yetmezliği Nedeni ve PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> Değeri

Mutlaka NİV başlanırken altta yatan solunum yetmezliği nedeni göz önüne alınmalıdır. 2011'e kadar yapılan çalışmaların analizinde NİV KOAH akut alevlenmeye bağlı hiperkapnik ASY (pH ≤ 7.35) ve kardiyojenik pulmoner ödeme bağlı ASY'inde şiddetle önerilmektedir. Akciğer kontüzyonu, postoperatif solunum yetmezliği, göğüs duvarı rijiditesi ve nöromüsküler hastalıklara bağlı ASY'de (PaCO<sub>2</sub> > 45 mmHg), seçilmiş hastalarda ekstübasyon sonrası reentübasyonu önlemek için, entübe KOAH hastalarında weaning stratejisi olarak orta kanıt düzeyi ile önerilmekteydi. Hipoksemik ASY, akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS), ekstübasyon sonrası gelişen ASY ve Guillain Barre Sendromu'nda önerilmemekte; obezite hipoventilasyon sendromunda ve akut astım atakta tartışmalıydı. Günümüze kadar birçok çalışmada değişik hasta gruplarında NİV'in etkinliği araştırılmıştır ve günümüzde pek çok değişik ASY'inde NİV kullanılmaktadır.

### VI. 1. Hipoksemik Akut Solunum Tetmezliğinde NİV Başarısını Etkileyen Faktörler

NİV başarısızlığı birçok çalışmada, erken başarısızlık (ilk 48 saat içinde) ve geç başarısızlık (48 saatten sonra) olmak üzere ikiye ayrılarak değerlendirilmiştir. NİV başarısızlıklarının %65'i ilk 1-48 saat içinde gerçekleşmektedir (28). Hipoksemik akut solunum yetmezliğinde (ASY) NİV kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları tartışmalıdır. Hipoksemik ASY'ne neden olan birçok patolojinin [Pnömoni, akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS), kardiyojenik pulmoner ödem gibi] şant, ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğu ya da difüzyon bozukluğu gibi değişik hipoksemi mekanizmaları vardır. Kanıta dayalı rehberlerde hipoksik ASY'de NİV kullanımı ile ilgili net öneriler bulunmamaktadır (1). Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda azalmış PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> oranı NİV başarısızlığı için iyi tanımlanmış bir risk faktörü olmuştur. NİV başarısızlığı için NİV uygulanan hipoksik ASY'li hastaların sonuçları büyük oranda altta yatan patolojiye bağlıdır.

ARDS hastalarında NİV kullanımı ile ilgili sınırlı ve tartışmalıdır. Randomize kontrollü çalışmaların meta-analizinde hipoksemik ASY'i olan hastalarda ve ALI/ARDS hastalarında NİV kullanımını desteklememektedir. Agarwal ve ark.'ları yaptıkları analizde 1995-2009 yılları arasındaki çalışmalarda ALI/ARDS hastalarında NİV'in etkinliğini incelemişlerdir (29). ALI/ARDS hastalarında NİV'in %50 oranında entübasyonu azalttığı ve %65 oranında mortaliteyi önlediğini belirtmişlerdir. Hipoksemik ASY hastalarında yapılan başka bir sistemik derlemede, entübasyon oranının azaldığı, YBÜ'de kalış süre-



sinin kısaldığı ve YBÜ mortalitesinin azaldığı gösterilmiştir (30). 2007 yılında 147 ARDS hastası ile yapılan çalışmada, NİV entübasyon ihtiyacını %54 oranında azaltmıştır (31). SAPS II'nin 34'ün üstünde olması ve NİV başlandıktan 1 saat sonra  $PaO_2/FiO_2$  oranında düzelme olmaması NİV başarısızlığı için bağımsız risk faktörleri olarak belirtilmiştir. Uçgun ve ark.nın ARDS hastalarında NİV kullanımı ile ilgi yaptıkları çalışmada ilk gün NİV kullanımının  $PaO_2/FiO_2$  oranında iyileşme sağlamadığını göstermişlerdir. Bu hasta grubunda invaziv mekanik ventilatörünün hızlıca uygulanmasını savunmuşlardır (32).

NİV'in faydalı etkileri ASY'nin hafif formlarında ( $PaO_2/FiO_2 > 200$  mmHg) belirgin değildir. Liu ve ark.nın yakın zamanda yaptıkları 10 randomize kontrollü, 2 prospektif çalışmanın dahil edildiği meta-analizde  $PaO_2/FiO_2$  için subgrup analizi yapılmıştır. Bu subgrup analizinde  $PaO_2/FiO_2 \leq 150$  mmHg olan hastalarda NİV uygulanan grupta kontrol grubuna göre entübasyon oranı (Odds ratio:0.21,0.05-0.58) ve hastane mortalitesi (Odds ratio: 0.39,0.17-0.91) daha düşük bulunmuştur.  $150 \text{ mmHg} < PaO_2/FiO_2 \leq 200$  mmHg olan hastalarda yine NİV grubunda entübasyon oranı daha düşük (Odds ratio: 0.27, 0.08-0.94) bulunmuştur.  $200 \text{ mmHg} < PaO_2/FiO_2 \leq 300$  mmHg ve  $PaO_2/FiO_2 > 300$  mmHg olan hastaların analizinde kontrol ile NİV grubu arasında entübasyon oranı, mortalite ve yoğun bakımda/hastanede kalış süresi açısından anlamlı fark saptanmamıştır. Bu nedenle NİV başlandığındaki  $PaO_2/FiO_2$  NİV başarısının önemli bir belirteci olarak belirtilmiştir (33).

Hipoksik ASY olmasına rağmen spesifik durumlarda NİV faydalı bulunmuştur. Zhu ve ark.ları kardiyak cerrahi sonrası ASY gelişen hastalarda NİV'nin seçilmiş hasta grubunda uygulanabileceğini, reentübasyon oranını azalttığını ve konvansiyonel tedavi ile karşılaştırıldığında klinik sonuçları iyileştirdiğini göstermişlerdir. Pnömoni, APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II) skorunun 20'nin üstünde olması NİV başarısızlığı için bu çalışmada bağımsız risk faktörleri olarak belirtilmiştir (34).

İmmünsüpre hastalarda hipoksemik ASY nedeniyle YBÜ'ye alınan hastalarda ve spesifik durumlarda (örneğin; akciğer rezeksiyonu sonrası gelişen hipoksemik ASY ya da immünsüpre hastada pnömoni) NİV kullanımının entübasyon oranı ve mortaliteyi azalttığı gösterilmiştir (35). Hipoksemik ASY'li hastalarda yapılan çalışmaların çelişkili sonuçları hipoksemi derecesinin değişkenliği, eşlik eden komorbiditeler, komplikasyonlar ve hastalık ciddiyeti ile açıklanabilir.

Hipoksemik ASY'nin önemli nedenlerinden biri de akut kardiyojenik pulmoner ödemdir. Bu hasta grubunda NİV başarı oranı oldukça yüksektir. Geniş bir hasta serisinde yapılan bir çalışmada NİV başarı oranı %96 bildirilirken NİV başarısız olan grupta  $PaO_2/FiO_2$  oranı daha düşük bulunmuştur (36). Başka bir çalışmada miyokard enfarktüsü, düşük pH ( $< 7.25$ ), düşük ejeksiyon fraksiyonu ( $< \%30$ ), hiperkapni ( $PaCO_2 > 45$  mmHg), düşük sistolik kan basıncı ( $< 140$  mmHg) NİV başarısızlığı için bağımsız risk faktörleri olarak bulunurken, hipertansiyon (sistolik kan basıncı  $> 180$  mmHg) NİV başarısızlığından koruyucu bir faktör olarak bulunmuştur (37). Shirakabe ve ark.nın 343

akut kardiyojenik pulmoner ödem hastasında BiPAP-senkroni ve BiPAP-vision modlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında tüm grup için pH'nın 7.03'ün altında olmasının NİV başarısızlığı için yüksek sensitivite ve spesifisiteye sahip olduğu bulunmuştur (38).

## VI.2. Hiperkapnik akut solunum yetmezliğinde NİV başarısını etkileyen faktörler

Hiperkapnik solunum yetmezliğinin en sık nedeni kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) akut alevlenmeye bağlıdır. Bu hasta grubu NİV'den en çok fayda gören hasta gruplarından biridir. Moretti ve ark.ları KOAH akut alevlenme nedeniyle NİV uygulanan 136 hastada yaptıkları çalışmada geç başarısızlık oranını %23 olarak bulmuşlardır (2). Confalonieri ve ark.nın çalışmasında GKS < 11, APACHE II > 28, solunum sayısının > 29/dak olması ve pH < 7.25 olan olguların %70'inin üzerinde NİV başarısızlığı ile ilişkili bulunmuştur. Antonio ve ark.nın çalışmasında bilinç düzeyi NİV başarısını etkileyen tek faktör olarak belirtilmiştir (24).

Başka bir çalışmada yüksek APACHE II skoru, yüksek solunum ve kalp hızı ve düşük GKS, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, arterial pH düzeyleri erken başarısızlık ile ilişkili bulunmuştur (39). Bacakoğlu ve ark.nın çalışmasında eşlik eden pnömoni, kardiyak ve renal hastalıklar

**Tablo 2.** Hipoksemik solunum yetmezliğinde NİV başarısızlığı için risk faktörleri (13).

- Hastalık ciddiyet skorunun yüksek olması (SAPS II > 34, APACHE II > 20)
- İleri yaş (> 40 yaş)
- ARDS ya da toplum kökenli pnömoni varlığı
- NİV başlandıktan bir saat sonra oksijenizasyonun düzelmemesi (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ≥175 mmHg)
- NİV altında solunum sayısının > 30/dakika olması
- Vazopressör ihtiyacı
- Renal replasman tedavisi ihtiyacı

**Tablo 3.** Hiperkapnik solunum yetmezliğinde NİV başarısızlığı için risk faktörleri (13)

- Başlangıçta arterial kan gazında pH'nın düşük olması
- Hastalık ciddiyetinin fazla olması (Yüksek APACHE II Skoru)
- Hastanın ventilatör ile uyumsuzluğu
- Nazal maske ile NİV uygulanan hastalarda ağızdan kaçığın önlenmesi
- NİV başlandıktan bir saat sonra;
- Solunum sayısında azalma olmaması
- pH'da etkin düzelmenin olmaması
- PaCO<sub>2</sub>'de beklenen düşüşün olmaması
- YBÜ kabul öncesi KOAH nedeniyle fonksiyonel durumun kötü olması

erken NİV başarısızlığı ile ilişkili iken, geç NİV başarısızlığı olan grupta kardiyak ve renal hastalıklar daha sık bulunmuştur (40).

### VII. Yaş, Komorbiditeler ve Diğer Faktörler

Yapılan birçok çalışmada NİV başarısı için yaş belirleyici bir faktör olmamıştır (41,42). Özsancağ ve ark.nın değişik yaş gruplarında NİV kullanımı ve NİV sonuçlarını inceledikleri çalışmalarında prospektif olarak 1225 mekanik ventilasyon (invaziv ya da non-invaziv) ihtiyacı olan hastanın incelendiği çalışmada NİV kullanımı %41 bulunmuştur. Hastalar genç yaş grubu (18-44 yaş), orta yaş grubu (45-64 yaş), yaşlı grup (65-79 yaş), ileri yaş ( $\geq 80$  yaş) grupları olarak ayrılmıştır. NİV kullanımı genç yaş grubunda daha fazla iken yaşlı hasta grubunun pH daha asidotik, PaCO<sub>2</sub> değerleri, SPAS II ve modifiye SAPS II skorları daha yüksek olmasına rağmen, NİV başarısı ve hastane mortalitesi açısından yaş grupları arasında farklılık tespit edilmemiştir (43).

Yaştan ziyade hastaların NİV başlangıcından önceki fonksiyonel durumu önemli olabilir. Son zamanlarda yoğun bakım ünitesine (YBÜ) alınan hastaların kırılabilirlik (frailty) durumu ile YBÜ sonuçları arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Yakın zamanda Kara ve ark. tarafından yapılan çalışmada kırılabilirliğin NİV başarısını etkileyen bağımsız bir risk faktörü olduğu bulunmuştur (44).

Eşlik eden komorbiditelerin NİV başarısına etkisi de araştırılan konulardan olmuştur. İlk olarak Scala ve ark.larının 2004'teki çalışmasında akut ya da kronik komorbiditelerin NİV sonucunu olumsuz etkilediği belirlenmiştir (45). Pacilli ve ark.nın ASY'li KOAH hastalarında komorbiditelerin NİV başarısını olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Toplam 176 KOAH hastasının değerlendirildiği çalışmada NİV başarısı %76.1 bulunmuştur. NİV başarısız olan grubun SAPS II skoru, Charlson komorbidite indeksi yüksekliği, serum albümin düzeyi düşüklüğü ve pnömoni varlığı daha fazla oranda tespit edilmiştir. Çok değişkenli analizde düşük serum albümin düzeyi ve pnömoni varlığı NİV başarısızlığı için en önemli prediktif faktörler olarak bulunmuştur (46).

Obezitenin de ASY'li hastalarda NİV başarısını etkileyen faktörlerden olduğu öne sürülmektedir. Gürsel ve ark.nın çalışmasında obez ASY'li hastalarda NİV uygulandığında daha yüksek PEEP düzeylerine ihtiyaç olabileceği belirtilirken, obez hasta grubunda ilk 24 saatteki PaCO<sub>2</sub>'deki düşüşün obez olmayan hastalara göre daha yavaş olduğu belirtilmiştir (47). Duarte ve ark.nın morbid obez hastalarda yaptıkları çalışmada 33 hasta NİV ile tedavi edilmiştir. NİV başarısı %63.6 bulunduğu çalışmada NİV başarılı olan grubun vücut kitle indeksinin NİV başarısız olan gruba göre anlamlı derecede daha düşük olduğu ( $46.9 \pm 8.9$  vs  $62.5 \pm 16.1$ ,  $p=0.001$ ) bulunmuştur (48). Carillo ve ark. KOAH akut alevlenme ( $n=543$ ) ve obezite hipoventilasyon sendromu (OHS) epizodu ( $n=173$ ) hiperkapnik solunum yetmezliği gelişen hastalarda NİV sonuçlarını araştırmışlardır. OHS hastalarında geç NİV başarısızlığını daha düşük bulmuşlardır. Bu çalışmada obezite KOAH hastalarında NİV başarısızlığından koruyucu bir faktör olarak bulunmuştur (49).

**KAYNAKLAR**

1. Keenan SP, Sinuff T, Burns KE, et al. Canadian Critical Care Trials Group/Canadian Critical Care Society Noninvasive Ventilation Guidelines Group. Clinical practice guidelines for the use of noninvasive positive-pressure ventilation and noninvasive continuous positive airway pressure in the acute care setting. *CMAJ* 2011;22;183(3):E195-214.
2. Moretti M, Cilione C, Tampieri A, et al. Incidence and causes of non-invasive mechanical ventilation failure after initial success. *Thorax* 2000;55:819-825.
3. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet* 2009;374:250-259.
4. Confalonieri M, Garuti G, Cattaruzza MS, et al. A chart of failure risk for noninvasive ventilation in patients with COPD exacerbation. *Eur Respir J* 2005;25:348-355.
5. Demoule A, Girou E, Richard JC, et al. Benefits and risks of success or failure of noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 2006;32:1756-1765.
6. Çelikel T, Sungur M, Ceyhan B, Karakurt S. Comparison of noninvasive positive pressure ventilation with standard medical therapy in hypercapnic acute respiratory failure. *Chest* 1998;114:1636-1642.
7. Martin TJ, Hovis JD, Costantino JP, et al. A randomized, prospective evaluation of noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:807-813.
8. Antonelli M, Conti G, Bufi M, et al. Noninvasive ventilation for treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation: a randomized trial. *JAMA* 2000;283:235-241.
9. 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;28:1701-1707.
10. Keenan SP, Powers CE, McCormack DG. Noninvasive positive-pressure ventilation in patients with milder chronic obstructive pulmonary disease exacerbations: a randomized controlled trial. *Respir Care* 2005;50:610-616.
11. International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute Respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:283-291.
12. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002;57:192-211.
13. Bello G, De Pascale G, Antonelli M. Noninvasive Ventilation. *Clin Chest Med* 2016;37(4):711-721.
14. Carlucci A, Richard JC, Wysocki M, et al. Noninvasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:874-880.
15. Soo Hoo GW, Santiago S, Williams AJ. Nasal mechanical ventilation for hypercapnic respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease: determinants of success and failure. *Crit Care Med* 1994;22:1253-1261.
16. 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 non-invasive positive pressure ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:581-585.
17. Vargas F, Bui HN, Boyer A, et al. Intrapulmonary percussive ventilation in acute exacerbations of COPD patients with mild respiratory acidosis: a randomized controlled trial [ISRCTN17802078] *Crit Care* 2005;9:382-389.

18. Scala R, Nava S, Conti G, Antonelli M, et al. Noninvasive versus conventional ventilation to treat hypercapnic encephalopathy in chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med* 2007;33:2101–2108.
19. Becker HF, Polo O, McNamara SG, et al. Effect of different levels of hyperoxia on breathing in healthy subjects. *J Appl Physiol* 1996;81:1683–1690.
20. Devlin JW, Nava S, Fong JJ, et al. Survey of sedation practices during noninvasive positive-pressure ventilation to treat acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2007;35:2298–2302.
21. Ambrosino N, Foglio K, Rubini F, et al. Non-invasive mechanical ventilation in acute respiratory disease due to chronic obstructive pulmonary disease: correlates for success. *Thorax* 1995;50:755–757.
22. Di Marco F, Centanni S, Bellone A, et al. Optimization of ventilator setting by flow and pressure waveforms analysis during noninvasive ventilation for acute exacerbations of COPD: a multicentric randomized controlled trial. *Crit Care* 2011;15:R283.
23. Bertrand PM, Futier E, Coisel Y, et al. Neurally adjusted ventilatory assist vs pressure support ventilation for noninvasive ventilation during acute respiratory failure: a crossover physiologic study. *Chest* 2012;143:30–36.
24. Anton A, Guell R, Gomez J, et al. Predicting the result of noninvasive ventilation in severe acute exacerbations of patients with chronic airflow limitation. *Chest* 2000;117:828–33.
25. Rana S, Jenad H, Gay PC, et al. Failure of non-invasive ventilation in patients with acute lung injury: observational cohort study. *Crit Care* 2006;10:79.
26. Carrillo A, Gonzalez-Diaz G, Ferrer M, et al. Non-invasive ventilation in community-acquired pneumonia and severe acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 2012;38:458–466.
27. Antonelli M, Conti G, Moro ML, et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multi-center study. *Intensive Care Med* 2001;27:1718–28.
28. Moretti M, Cilione C, Tampieri A, et al. Incidence and causes of non-invasive mechanical ventilation failure after initial success. *Thorax* 2000; 55: 819-25.
29. Agarwal R, Aggarwal AN, Gupta D. Role of noninvasive ventilation in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome: a proportion meta-analysis. *Respir Care* 2010;55:1653–60.
30. Keenan SP, Mehta S. Noninvasive ventilation for patients presenting with acute respiratory failure: the randomized controlled trials. *Respir Care* 2009;54:116–26.
31. Antonelli M, Conti G, Esquinas A, et al. A multiple-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2007;35:18–25.
32. Uçgun I, Yildirim H, Metintas M, Guntulu AK. The efficacy of non-invasive positive pressure ventilation in ARDS: a controlled cohort study. *Tuberk Toraks* 2010;58:16–24.
33. Liu YJ, Zhao J, Tang H. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure: a meta-analysis. *Clin Med (Lond)* 2016;16(6):514-523.
34. Auriant I, Jallot A, Hervé P, et al. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:1231–5.
35. Lemiale V, Resche-Rigon M, Azoulay E. Early non-invasive ventilation for acute respiratory failure in immunocompromised patients (IVNIctus): study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *Trials* 2014;15:372.

36. Tallman TA, Peacock WF, Emerman CL, et al. Noninvasive ventilation outcomes in 2,430 acute decompensated heart failure patients: an ADHERE registry analysis. *Acad Emerg Med* 2008;15:355–362.
37. Masip J, Paez J, Merino M, et al. Risk factors for intubation as a guide for noninvasive ventilation in patients with severe acute cardiogenic pulmonary edema. *Intensive Care Med* 2003;29:1921–1928.
38. Shirakabe A, Hata N, Yokoyama S, et al. The success of noninvasive positive pressure ventilation in emergency room for patients with acute heart failure. *J Cardiol* 2010;57:107–114.
39. Carratù P, Bonfatti P, Dragonieri S, et al. Early and late failure of noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease with acute exacerbation. *Eur J Clin Invest* 2005; 35: 404-9.
40. Bacakoğlu F, Taşbakan MS, Kaçmaz BÖ, et al. The factors affecting noninvasive mechanical ventilation failure in COPD exacerbations. *Turk J Med Sci* 2012; 42 (1): 103-112
41. Wysocky M, Tric L, Wolff M, et al. Noninvasive pressure support ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest* 1993;103:907–913.
42. Pennock B, Kaplan P, Carlin B, et al. Pressure support ventilation with a simplified ventilatory support system administered with a nasal mask in patients with respiratory failure. *Chest* 1991;100:1371–1376.
43. Ozsancak Ugurlu A, Sidhom SS, et al. Use and Outcomes of Noninvasive Ventilation for Acute Respiratory Failure in Different Age Groups. *Respir Care* 2016;61(1):36-43.
44. Kara I, Yildirim F, Zerman A, Gullu Z, et al. The impact of frailty on noninvasive mechanical ventilation in elderly medical intensive care unit patients. *Aging Clin Exp Res*. 2017 May 16. doi: 10.1007/s40520-017-0774-z. [Epub ahead of print]
45. Scala R, Bartolucci S, Naldi M, et al. Co-morbidity and acute decompensations of COPD requiring non-invasive positive-pressure ventilation. *Intensive Care Med* 2004;30(9):1747-54.
46. Pacilli AM, Valentini I, Carbonara P, et al. Determinants of noninvasive ventilation outcomes during an episode of acute hypercapnic respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease: the effects of comorbidities and causes of respiratory failure. *Biomed Res Int* 2014;2014:976-783.
47. Gursel G, Aydogdu M, Gulbas G, et al. The influence of severe obesity on non-invasive ventilation (NIV) strategies and responses in patients with acute hypercapnic respiratory failure attacks in the ICU. *Minerva Anesthesiol* 2011;77(1):17-25.
48. Duarte AG, Justino E, Bigler T, Grady J. Outcomes of morbidly obese patients requiring mechanical ventilation for acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2007;35(3):732-7.
49. Carrillo A, Ferrer M, Gonzalez-Diaz G, et al. Noninvasive ventilation in acute hypercapnic respiratory failure caused by obesity hypoventilation syndrome and chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2012 Dec 15;186(12):1279-85.

# Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Karbondiyoksit Rebreathing Etkileyen Faktörler

Ayşenur Soytürk

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Bilim Dalı, Bursa

## GİRİŞ

Kan  $CO_2$  konsantrasyonunun yavaş yavaş yükselmesi veya hedeflenen düzeylere istenilen hızla düşürülememesi ile sonuçlanabilecek bir durum olan "rebreathing", ekshale edilen havanın değişen miktarlarda geri solunması olarak tanımlanabilir. Değişen derecelerde gerçekleşen bu geri soluma durumu noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) başarısızlığına yol açabilecek faktörlerden biridir (1). Bu bölümde NİV sırasında  $CO_2$ 'in geri solunması üzerine etkili olan faktörler irdelenmektedir.

## 1. Geri Soluma Mekanizması

NİV sırasında solunum devresinin distal parçası ve maske veya helmet gibi arayüzlerin kullanımı değişen hacimlerde bir ölü boşluk yaratmaktadır. Ekspiryum sırasında bu ölü boşluğu dolduran  $CO_2$  değişen düzeylerde hasta tarafından tekrar inhale edilmektedir. İnvaziv mekanik ventilasyondan farklı olarak maske ventilasyonu sırasında ekshalasyon portundan ekspiratuvar hava akımı ve arayüzden hava kaçakları ölü boşluktaki  $CO_2$  konsantrasyonunu alveolar konsantrasyonun altına düşürmektedir. Böylece NİV'de solunum devresi ve arayüzün oluşturduğu bu ölü boşluk dinamik bir hal almaktadır (1). Ancak bu durum  $CO_2$ 'in ölü boşluktan tamamen temizlenmesini sağlayamaz ve bu alana ekshale edilen  $CO_2$  değişen miktarlarda geri solunmaktadır. Bu geri solumayı hastaya ait bazı faktörler yanında NİV sırasında kullanılan maske ve solunum devresi gibi faktörler de etkilemektedir.

## 2. Hastaya Ait Faktörler

NİV'de hasta ile ilgili bazı faktörlerin tedavi başarısını etkileyebileceği bilinmektedir (2). Tahmin edilebileceği gibi end-tidal CO<sub>2</sub> düzeyi yükseldikçe inspire edilen havadaki CO<sub>2</sub> yüzdesi artmaktadır. Yüksek solunum sayısının da geri soluma için belirleyici bir faktör olduğu bilinmektedir (3). Solunum sıklığını ve ekspiratuvar tidal volümü artıran egzersiz gibi bir durumda inspire edilen havadaki CO<sub>2</sub> fraksiyonu artmaktadır (4).

## 3. Uygulamaya Ait Faktörler

NİV uygulaması sırasında seçilen maske veya helmet gibi arayüzler veya solunum devresi geri soluma açısından önem taşımaktadır. Uygun olmayan araçların seçimi CO<sub>2</sub> retansiyonuna yol açabilmektedir (5).

### 4. I. Arayüzler

NİV'de arayüz seçimi tedavi başarısını etkilemektedir (6). NİV amacıyla oronazal, nazal, tam yüz maskesi veya helmet gibi arayüzler değişen sıklıkta kullanılmakta, seçilen arayüzün özellikleri CO<sub>2</sub> geri soluma üzerine etki etmektedir (1).

**4. I.1. Maskeler:** NİV sırasında maskeden geri solunan CO<sub>2</sub> miktarı ölü boşluk hacmi ve bu boşluktaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile ilişkilidir. Bu ölü boşluk maske ve solunum devresinin dizaynından, ventilatör ayarları ve hastanın solunum paterninden etkilenmektedir (1). Teorik olarak geniş iç hacmi bulunan bir maskenin her solukta geri solunan CO<sub>2</sub> miktarını artırabileceği söylenebilir. Nitekim daha geniş iç hacmi bulunan maskelerde endtidal CO<sub>2</sub>'i aynı oranda düşürebilmek için daha yüksek inspiratuvar basınç ve tidal volümlere ihtiyaç olduğu gösterilmiştir (7).

Ekshalasyon portunun yerleşim yerinin geri solumada etkili olduğu bilinmektedir. Ekshalasyon portunun maske üzerinde bulunması, solunum devresi üzerinde bulunmasına göre CO<sub>2</sub>'nin maske ve solunum devresinden temizlenme miktarını artırmaktadır (7,8). Ekshalasyon portunun yerleşim yeri yanında maske üzerindeki pozisyonu ve buradan geçen akım da önemlidir. Karbondiyoksit klirensi ekshalasyon portundan geçen akım ile doğru orantılıdır (7). Maskeden olan kaçakların da miktar fazla olmadıkça CO<sub>2</sub> klirensine katkıda bulunduğu söylenebilir. Non-rebreathing valv içeren maskelerle düşük PEEP altında NİV'in CO<sub>2</sub> geri solunumunu azalttığı gösterilmiştir (9). Ancak geleneksel maskeler ile non-rebreathing maske arasında CO<sub>2</sub> geri solunması açısından fark olmadığını gösteren veriler de mevcuttur. Non-rebreathing valv kullanımının ekspiratuvar rezistansı artırabileceği de unutulmamalıdır (9,10).

**4. I.2. Helmet:** Helmet omuzlara oturarak hastanın kafasını tamamen içine alan şeffaf bir başlık şeklindeki arayüzdür (11). Maske ventilasyon ile karşılaştırıldığında hasta uyumu açısından avantajlı bir arayüz olduğu söylenebilir. Tidal volümden daha fazla iç



hacme sahip, yarı kapalı ve hava değişiminin olduğu küçük bir oda şeklinde düşünülebilir. Ancak bu oda basit bir ölü boşluk şeklinde davranmaz. Her solukta ekshale edilen  $CO_2$  helmet iç hacminde dilüe olur ve tekrar solunur. Bir süre sonra helmet içerisine ekshale edilen  $CO_2$  miktarı ile dışarıya atılan  $CO_2$  miktarı eşitlenir ve helmet içi  $CO_2$  konsantrasyonu sabit bir düzeyde seyretmeye başlar (1). Maske ventilasyondan farklı olarak helmet ile ventilasyonda  $CO_2$  geri soluması helmet iç hacmi ve hastanın end-tidal kardondioksiti ile ilişkili değildir. Helmet içerisindeki  $CO_2$  konsantrasyonu hasta tarafından üretilen  $CO_2$  miktarı ( $VCO_2$ ) ve bu alana giren toplam gaz akımı ile ilişkilidir. Toplam gaz akımı ventilatörden dakikada sunulan volümdür. Sürekli yüksek akımlı bir sistemle helmet ventilasyonu sırasında  $CO_2$  geri solunumu kabul edilebilir düzeydedir (11). Hastanın artmış metabolik gereksinimleri veya ventilatörden düşük volüm sunumu durumunda helmet içerisinden  $CO_2$ 'in geri solunmasında artış beklenebilir. Geri solumayı sınırlandırmak amacıyla basınç desteği veya kaçak artırılabilir. Akım tetiği ile ventilasyon sırasında inspirasyon ve ekspirasyon için olmak üzere çift kollu devre ile helmet ventilasyonunda helmetin içerisindeki akımı artırarak  $CO_2$  klirensi artırılabilir (1,12). Helmet ile ventilasyon sırasında  $CO_2$  geri soluması monitorize edilmelidir. Örnekleme helmet içerisinde gaz akımı ve hastadan uzak bir noktadan veya Y parçasından yapılmalıdır (13).

#### 4. II. Solunum Devresi

NİV tek kollu bir devre ile yapıldığında ekshale edilen hava bir veya daha fazla ekshalasyon portundan dışarı çıkar. Akımın en yüksek olduğu ekspirasyonun başında ekshalasyon portundan akımın kısıtlanması, ekshale edilen havayı solunum devresine yönlendirir. Ekshalasyon portunun hastanın ağzından uzak olması ve artmış ekshalasyon port direnci ölü boşluğu artırır (1).

Çift kollu solunum devresi kullanıldığında ölü boşluk arayüz iç hacmi ve Y parçasının distalinden oluşur. NİV'de  $CO_2$  geri solunumunu sınırlandırmak amacıyla ekshalasyon portlu maske ile tek kollu devre kullanımı iyi bir seçenektir (1).

#### 4. III. Ventilatör Ayarları

NİV sırasında tidal volümün artması aktüel ölü boşluk hacmini artırırken, yüksek PEEP ve uzamış ekspirasyon süresi, kaçak akımının süresini ve miktarını artırarak bu hacmi azaltır. Maskeden kaçaklar, ekshalasyon portu üzerinde bulunan (özellikle burun kemeri üzerinde) bir maske ile tek kollu devre kullanılarak yapılan NİV'de artmış total gaz akımı  $CO_2$  konsantrasyonunu düşürür (3,7). Ekshalasyon portu üzerinde bulunan bir maske ile ventilasyonda PEEP düzeyini 4  $cmH_2O$ 'dan 8  $cmH_2O$ 'a çıkarmanın  $CO_2$  geri soluma üzerine etkisi küçük olurken, ekshalasyon portunun solunum devresinde olması halinde artmış PEEP'in  $CO_2$  klirensi üzerine daha etkili olduğu gösterilmiştir (7).

**KAYNAKLAR**

1. Mojoli F, Braschi A. Carbon Dioxide Rebreathing During Noninvasive Mechanical Ventilation. In: Esquinas A.M, eds. *Noninvasive mechanical ventilation*, 2010: 77-82.
2. Yıldırım F, Kara İ, Ortaç Ersoy E. Sedation during noninvasive mechanical ventilation. *Tuberk Toraks* 2016;64(3): 230-239.
3. Szkulmowski Z, Belkhouja K, Le QH, et al. Bilevel positive airway pressure ventilation: factors influencing carbon dioxide rebreathing. *Intensive care Med* 2010; 36(4): 688-91.
4. Ou YE, Lin ZM, Hua DM, et al. Evaluation of carbon dioxide rebreathing during exercise assisted by noninvasive ventilation with plateau exhalation valve. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2017;16;12: 291-298.
5. Stieglitz S, George S, Priegnitz C, et al. Life-threatening events in respiratory medicine: misconceptions of invasive and non-invasive ventilators and interfaces. *Pneumologie* 2013; 67(4): 228-32
6. Yang Y, Sun L, Liu N, et al. Effects of Noninvasive Positive-Pressure Ventilation with Different Interfaces in Patients with Hypoxemia after Surgery for Stanford Type A Aortic Dissection. *Med Sci Monit* 2015;7(21): 2294-304.
7. Schettino GP, Chatmongkolchart S, Hess DR, Kacmarek RM. Position of exhalation port and mask design affect CO2 rebreathing during noninvasive positive pressure ventilation. *Crit Care Med* 2003;31(8): 2178-82.
8. Huang T, Wang H, Tan J. Effect of location and type of exhalation valve on carbon dioxide rebreathing during noninvasive positive pressure ventilation: a experimental study. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* 2015;27(10):791-5.
9. Lofaso F, Brochard L, Hang T, et al. Home versus intensive care pressure support devices. *Experimental and clinical comparison. Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153(5): 1591-9.
10. Hill NS, Carlisle C, Kramer NR. Effect of a nonbreathing exhalation valve on long-term nasal ventilation using a bilevel device. *Chest* 2002;122(1):84-91.
11. Taccone P, Hess D, Caironi P, Bigatello LM. Continuous positive airway pressure delivered with a "helmet": effects on carbon dioxide rebreathing. *Crit Care Med* 2004;32(10):2090-6.
12. Racca F, Appendini L, Gregoretti C, et al. Helmet ventilation and carbon dioxide rebreathing: effects of adding a leak at the helmet ports. *Intensive Care Med* 2008; 34(8):1461-8.
13. Mojoli F, Iotti GA, Gerletti M, et al. Carbon dioxide rebreathing during non-invasive ventilation delivered by helmet: a bench study. *Intensive Care Med* 2008; 34(8): 1454-60.

# Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Başarısını Etkileyen Arayüz (Maske), Devre, Ekshalasyon Portu ve Oksijen Destek Girişi Nasıl Olmalıdır?

Müge Aydoğdu

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

## GİRİŞ

Noninvaziv ventilasyon (NİV) hem akut solunum yetmezliği hem de stabil kronik hiperkapnik solunum yetmezliği hastalarının tedavisinde önemli bir role sahiptir. NİV tedavisinin etkinliğini, başarısını belirleyen en önemli faktör ise uygun ara yüz (maske) ve devre seçiminin yapılabilmesidir (1,2). Ara yüz (maske), ventilatör devresinin hastanın yüzüne bağlanmasını ve basınçlı havanın üst hava yollarından hastanın akciğerine iletilmesini sağlayan ara parçalardır. Akut, yaşamsal risk taşıyan durumlarda NİV tedavisi uygulanırken ara yüz seçimi ve hastanın konforu ikinci plana itilmekte, öncelikle etkin pozitif basınç uygulaması yapılmaya çalışılmaktadır. Ancak uygun bir ara yüz (maske) kullanılmadığında kısa süreli NİV tedavilerinde bile hastalarda önemli komplikasyonlar, ciltte ülserasyonlar gelişebilmekte ve bu durum hastanın tedaviye uyumunu zorlaştırmaktadır (1,2). Uygun maske seçimi ile hava kaçağı, kloströfobi, yüzde ve ciltte eritem ve ülserasyonlar, akne benzeri döküntüler ve göz irritasyonu gibi önemli NİV komplikasyonlarının birçoğunun gelişmesini engellemek, hasta konforunu artırmak mümkündür (3).

Günümüzde kullanımda olan ara yüzler; nazal maskeler, oronazal maskeler (tam yüz maskeleri), total yüz maskeleri, helmet (miğfer tipi) maskeler, burun yastıkcıkları ve ağız parçacıklarıdır. Yapılan çalışmaların çoğunda ve internet aracılığıyla Avrupa'daki 300 yoğun bakım ünitesi ve göğüs hastalıkları servisinde gerçekleştirilen ankette akut solunum yetmezliğinde en çok oronazal maskelerin tercih edildiği, bunu nazal mas-

ke, total yüz maskesi ve helmetin (miğfer tipi maske) izlediği bildirilmiştir. Bu tercihin sebebi ise hemşirelerin ve/veya solunum terapistlerinin oronazal maske ile hastaların daha güvende, konforlarının daha iyi, hava kaacaklarının ve komplikasyonların daha az olduğunu düşünmeleri olarak saptanmıştır (4).

Günümüzde, klinik kullanımda ideal NİV ara yüzü ve sabitleme (kafa bandı) sistemi bulunmamaktadır. Ama bugün için tanımı yapılan bu ideal ve konforlu ara yüzlerin ilerleyen teknoloji ile yakın gelecekte geliştirilme ve kullanıma sunulma olasılıkları yüksektir (**Tablo 1**) (3).

### I. NİV Ara Yüz (Maske) Çeşitleri (3)

1. Ağız parçacığı: Hastanın dudaklarının arasına yerleştirilir ve bir dudak tutucu ile yerinde tutulur.
2. Nazal maske: Sadece burnu kaplayan maskedir.
3. Nazal yastıkçık: Burun deliklerinin içine yerleştirilir.
4. Oronazal maske: Ağzı ve burnu içine alır.
5. Tam yüz maskesi: Ağzı, burnu ve gözleri de içine alır.
6. Helmet (miğfer) maske: Tüm kafayı ve boynun bir kısmını veya tamamını kaplar, yüzle ve kafayla direkt teması yoktur.

**Tablo 1.** İdeal NİV arayüzü ve sabitleme sistemlerinin özellikleri (3).

#### İdeal arayüz (maske)

- Kaaksız
- Sağlam
- Non-travmatik
- Hafif
- Uzun süreli kullanıma uygun
- Deforme olmayan
- Allerjik olmayan materyalden yapılmış
- Hava akımına karşı düşük rezistanslı
- Minimal ölü boşluğa sahip
- Düşük maliyetli
- Değişik boyutlarda

#### İdeal sabitleme sistemi

- Maskenin kaymasını, çıkmasını engelleyecek şekilde stabil
- Kolay takılıp, çıkarılabilen
- Non-travmatik
- Hafif ve yumuşak
- Değişik boyutlarda
- Farklı arayüzlere uyumlu
- Yıkabilir (evde uygulayanlar için)
- Disposable (tek kullanımlık) (hastanede kullanım için)

## II. NİV Arayüz ve Devreleri Teknik Özellikleri

Bazı maskeler tek parça olarak üretilir ama piyasada kullanılmakta olan maskelerin pek çoğunda  $\geq 2$  parça bulunur; yumuşak yüze oturan kısım (polivinilklorid, polipropilen, silikon, silikon elastomer veya hidrojel) ve sert çerçeveyi oluşturan transparan kısım (polivinilklorid, polikarbonat veya termoplastik). Bu iki parça birbirine geçirilmiş veya yapıştırılmıştır. Yüzü koruyan yastıkçığın dört çeşidi vardır; transparan şişirilmeyen, transparan şişirilebilen, ful hidrojel, ful köpük. Maske çerçevesinin kafa bandı ile ne kadar çok bağlantı noktası olursa maske yüze o kadar iyi oturur ve maksimum basınç hedefine daha iyi ulaşılabilir. Kafa bandı maskenin kenarındaki kancalar ile maskeye sabitlenir, bu kancalar hastanın yüzüne ne kadar uzaksa o kadar az ve eşit basınç dağılımı gerçekleşir (5). Bazı maskelerin üzerlerinde rebreathing (ekspiryum havasının yeniden solunmasını) engellemek amacıyla bir veya daha fazla hava çıkış deliği bulunur. Bu maskeler inspiratuvar ve ekspiratuvar kolu olan ikili devreler ve mekanik ventilatörlerle, CO<sub>2</sub> atılımını sağlayacak ekspiratuvar valvler ile kullanılmamalıdır. Maskeler kaçaklı maskeler olarak da isimlendirilirler, tekli devreler ile portable NİV cihazları ile kullanılırlar. Kaçaksız maskelerde ise maske üzerinde hava çıkışına izin verecek hiç bir delik bulunmaz, bu maskeler aktif ekshalasyon valvi olan mekanik ventilatörler ile çiftli devre yardımıyla kullanılırlar. Bu maskelere dirsek bağlantısıyla ekshalasyon valvleri eklenebilir, böylelikle tekli devreler ve portable NİV cihazları ile de kullanılabilirler. Maske çerçevesi üzerinde ek giriş delikleri de bulunabilir; buradan oksijen eklenebilir; hava yolu açıklık basıncı ve endtidal CO<sub>2</sub> basıncı ölçülebilir (5).

Bazı nazal maskelerde maske ve devre arasında esnek tüp şeklinde ek bir bağlantı bulunur. Bu bağlantı maskenin stabilitesini bozmadan hastanın hareket etmesini sağlar. Ancak eklenen bu ara parça ölü boşluğu (VD) artırır ve düşük tidal volüm alan hastalarda bu durum önem taşıyabilir. Benzer şekilde diğer maskeler ile devre arasına eklenen her uzatma parçası VD artırarak PaCO<sub>2</sub> düşüşünü engelleyebilir (3).

Maske ile NİV uygulanırken cilt hasarını, zedelenmesini önlemek majör hedeftir. En sık sürtünme ve hasar bölgeleri; burun kökü, üst dudak, nazal mukoza ve helmet tipi maskelerde ise aksilladır. Ciltteki irritasyon bazen maskenin içerisindeki maddelere cildin hipersensitivite göstermesine, bazen de aşırı terlemeye bağlıdır. Ama ciltteki zedelenmeyi önlemedeki en önemli strateji maskenin çok sıkı bağlanmamasıdır. Bunun basit metodu kafa bandı ile yüz arasında iki parmak geçişine izin verecek bir boşluk bırakılmasıdır. Diğer stratejiler ise, maskenin alın tutucu kısmı ile maske arasındaki açığı ayarlamayı sağlayacak sistemin bulunması, böylelikle burun köküne uygulanan basıncın ve sürtünmenin azaltılması; yara olan bölgeye kaçağı artırmayacak şekilde kapama, pansuman uygulanması ve maskelerin değiştirilmesidir (3).

Az miktarda hava kaçağı hasta ventilatör uyumunu çok fazla bozmadığı sürece kabul edilebilir (5,6). Hava kaçağının fazla olması, NİV etkinliğini düşürebilir, hasta toleransını azaltabilir, tetikleme hassasiyetinin kaybına böylelikle hasta ventilatör

uyumunun bozulmasına, sık uyanmaya ve uyku bölünmesine yol açabilir. Kaçak fazla olduğunda inspirasyon-ekspirasyon sonlandırma kriterleri karşılanamaz ve uzun inspiriyum ekspiriyum süreleri oluşur. Bu da hastanın hiperkapnisinin derinleşmesi ile sonuçlanabilir (7-10).

NİV sırasında hava kaçağını en aza indirmek üzere yapılabilecekler; uygun maske büyüklüğünün ve şeklinin tercih edilmesi, uygun kafa bandının seçilmesi, maske destekleyen yüzüklerin, halkaların varlığı, tüp adaptör kullanımı, hidrojel veya köpük kaplı maskeler, çene bantı, dudak veya ağız kapatıcılarıdır (3).

### III. NİV Arayüzleri ve Solunum Fizyolojisine Etkileri

Dinamik VD= fizyolojik VD + maske ve sistem VD'tan oluşmaktadır ve dinamik VD arttıkça alveolar ventilasyon azalır. Fizyolojik VD, tidal volüm (VT) ile ilgilidir; öte yandan sistemin VD'si maskenin iç volümüne bağlıdır. Navalesi ve ark. nazal maske ve tam yüz maskenin VD'sini karşılaştırmışlardır. In vitro fark belirgin (205 mL tam yüz maskesinde, 120 mL nazal maske), anatomik yapıları dikkate alan in vivo sonuçlar birbirine benzer bulunmuştur (118 mL tam yüz maskesi, 97 mL nazal maske). Nazal yastıkçıklar çok az VD yaratırlar PaCO<sub>2</sub>'yi ve pH'yı düşürmede yüz maskesi kadar etkindirler, ama hastalar tarafından daha az tolere edilirler (12).

Helmet (miğfer) tip maske, diğer NİV arayüzlerine göre daha büyük volüme sahiptir; her zaman için daha yüksek VT gerektirir. Helmet yarı kapalı bir ortam gibi davranır; solunan CO<sub>2</sub> düzeylerindeki artış önemli bir konudur. Yarı kapalı ortamlarda inspire CO<sub>2</sub> düzeyleri, hasta tarafından üretilen CO<sub>2</sub> düzeyi ve ortamı yıkayan temiz gazın akımına bağlıdır (helmet ventilasyonu). Dolayısıyla helmetin volümü direkt olarak inspire solunan CO<sub>2</sub>'yi etkilemez, tahmin edilen inspire CO<sub>2</sub> düzeyine ulaşma hızını belirler. Helmetin boyutunun küçültülmesi CO<sub>2</sub> yeniden solunmasını önlemez. Helmet ventilasyonunu artıran herhangi bir olay (hava kaçağı, taze havanın verilmesi) inspire CO<sub>2</sub>'yi düşürebilir. NİV sırasında helmet maskenin CO<sub>2</sub> düzeyine etkileri iki fizyolojik çalışmada değerlendirilmiştir. Her iki çalışmada da inspire CO<sub>2</sub> düzeyleri, helmetle NİV yapıldığında maskeyle yapıldığına göre daha yüksek saptanmıştır (13,14). Maske ile helmetin karşılaştırıldığı çalışmalarda; helmetin solunum kaslarının yükünü almada, dinlendirmede daha az etkin olduğu bulunmuştur; bu durum özellikle rezistif yükler fazla olduğunda ve hasta-ventilatör asenkroni riski yüksek olduğunda daha belirgindir (15,16). Bu durum hedeflenen basınca helmet maskede daha geç ulaşılması ile açıklanabilir; ventilator tarafından uygulanan gazın bir kısmı helmetin şişirilmesi için kullanılır. İspiratuvar ve ekspiratuvar tetiklemedeki gecikme nedeniyle inspiratuvar çabanın bir kısmı desteklenmeden kalır. Helmet ventilasyonda NİV uygulanırken diğer maske ventilasyonlarına benzer end-tidal CO<sub>2</sub> sağlayabilmek için dakika ventilasyonunu iki katına çıkarmak gerekebilir. Uygulanan basıncın artırılması helmet basıncındaki gecikmeyi ortadan kaldıracaktır dolayısıyla mümkün olduğunca basınçlar artırılmalıdır.

## IV. NİV Arayüzleri Avantaj ve Dezavantajları

Ağır akut solunum yetmezliğinin başlangıç tedavisinde öncelikli olarak oronazal ve tam yüz maskeleri tercih edilir. Bunun sebebi bu hastaların nazal rezistansı yenmek için ağızdan solunum yapmalarındır. BTS rehberinde akut hiperkapnik solunum yetmezliğinin NİV ile tedavisinde öncelikli seçilecek maske olarak oronazal maske önerilmiştir. Çeşitli boyutlarda, tiplerde maskelerin olması ve bunu uygulayacak personelin bu maskeler konusunda deneyimli olması gerektiği vurgulanmıştır. Buna alternatif olarak aşırı hava kaçağının önlenemediği ve burun kökünde baskı yararı gelişen hastalarda tam yüz maskesinin, alternatif olarak miğfer tipi maskenin kullanılabilmesi belirtilmiştir (19). Günümüz teknolojisi bu maskeleri de güvenli hale getirmiştir; kafa bantlarının kolayca çıkarılabilmesi, ventilatörden hava akımı kesildiğinde oda havası ile solumaya izin veren anti-asfiksi (güvenlik) valvlerinin bulunması gibi. Daha az ciddi solunum yetmezliğinde veya kronik solunum yetmezliğinde daha konforlu olduğu için nazal maske veya nazal yastıklık tercih edilebilir (19).

Total yüz maskesi tüm yüzü çevreler, gözleri de içine alır; dolayısıyla oronazal maskenin baskı uyguladığı yerlere baskı uygulamaz. Tam yüz maskelerinde de hava yolu basıncı  $< 3 \text{ cmH}_2\text{O}$  olduğunda, ventilator çalışmadığında açılan anti-asfiksi valvleri mevcuttur. Criner ve ark. kronik solunum yetmezliği olan hastalarda total yüz maskesi ile NİV etkinliğini nazal ve oro-nazal maskeler ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışma göstermiştir ki, seçilmiş kronik solunum yetmezliği hastalarında total yüz maskesi ile NİV uygulanması konforu artırır, maskeden hava kaçaklarını minimuma indirir ve alveolar ventilasyonu düzeltir. Bu çalışmacılar bu tip maskenin yoğun bakım ortamında NİV uygulanması planlanan akut solunum yetmezliği hastalarında da başarılı olacağını ileri sürmüşlerdir (20). Ancak total yüz maskeleri ile ilgili bazı endişeler mevcuttur. Bu yüz maskesi daha büyük bir volüme sahip olduğu için daha fazla VD solunumu yaratabileceği düşünülmüştür; ama hava akımının maske çıkışından direkt hastanın ağzına ve burnuna yönlendirilmesi bu sorunu minimum indirmektedir. Göz iritasyonu, artmış gastrik distansiyon gibi komplikasyonlar beklenebilir, ancak yapılan çalışmalarda bu problemlerin artmış oranda görüldüğüne dair bulgu saptanmamıştır (21-23). NİV arayüzlerinin avantaj ve dezavantajları **Tablo 2'**de özetlenmiştir.

## V. NİV'de Nemlendirme

Soğuk kuru havanın havayolu epiteli üzerine zararlı etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla inspire edilen gazın ısıtılması ve nemlendirilmesi gereklidir. Tek yönlü inspiratuvar nazal hava akımı, ağızdan hava kaçağı da varsa nazal mukozayı kurutabilir. Nazal mukoza kurudukça lökotrienler gibi inflamatuvar medyatörler salınırlar ve böylelikle vaskülarite artar. Ventilatörden gelen hava nemlendirilmediği takdirde normal ortam havasından daha düşük nem sağlar.

Tablo 2. .NİV arayüzleri avantaj ve dezavantajları.	
<p><b>Nazal maske</b></p> <p><b>Avantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konuşmaya ve su içmeye izin vermesi</li> <li>• Öksürmeye izin vermesi</li> <li>• Kusma sonrası aspirasyon riskinin en az olması</li> <li>• Minimum asfiksi riski</li> </ul> <p><b>Dezavantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ağız açıldığında hava kaçaklarının fazla olması</li> <li>• Nazal cilt hasarları</li> <li>• Açık nazal pasaj gerektirmesi</li> </ul>	<p><b>Helmet Maske</b></p> <p><b>Avantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum hava kaçağı</li> <li>• Daha az kooperasyon gerektirmesi</li> <li>• Yüzde, burun kökünde yara olması durumunda kullanılabilmesi</li> </ul> <p><b>Dezavantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rebreathing (yeniden soluma)</li> <li>• Aşırı sesli /gürültülü olması</li> <li>• Kusma</li> <li>• Pressure support ventilasyon ile asenkroni</li> <li>• Bağları nedeniyle aksillada cilt lezyonları</li> </ul>
<p><b>Nazal maske</b></p> <p><b>Avantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daha az hava kaçağı</li> <li>• Daha az kooperasyon gereksinimi</li> <li>• Hasta rahatına göre ayarlanabilir</li> </ul> <p><b>Dezavantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kusma</li> <li>• Klostrofobi</li> <li>• Nazal cilt ülserasyonları</li> <li>• Konuşma ve öksürme zorluğu</li> </ul>	<p><b>Ağız parçacığı</b></p> <p><b>Avantajı:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diğer arayüzler ile değişmeli olarak kullanılabilirler</li> </ul> <p><b>Dezavantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kusma ve aşırı tükürük</li> <li>• Artmış hava kaçağı</li> <li>• Gastrik distansiyon</li> <li>• Konuşma güçlüğü</li> </ul>
<p><b>Total yüz maskesi</b></p> <p><b>Avantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimum hava kaçağı</li> <li>• Daha az kooperasyon gereksinimi</li> <li>• Kolay takma ve uygulama</li> </ul> <p><b>Dezavantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kusma (aspirasyon riski)</li> <li>• Klostrofobi</li> <li>• Konuşma güçlüğü</li> </ul>	<p><b>Nazal yastıklık</b></p> <p><b>Avantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diğer arayüzler ile değişmeli olarak kullanılabilirler</li> <li>• Burun kökü hasarına neden olmaması</li> </ul> <p><b>Dezavantajları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İnspiratuvar ve ekspiratuvar hava kaçağı</li> <li>• Ekshale edilen tidalvolumün güvenilir ölçülememesi</li> <li>• Burun kanatlarında ülserasyonlar</li> </ul>

İki tip nemlendirici mevcuttur; ısıtıcı nemlendirici ve ısı nem-değiştiriciler (HME). Isı nem-değiştiriciler (HME), daha ucuz ve kullanımları daha kolay olduğu için sıklıkla entübe hastalarda kullanılırlar. NİV sırasında maskeyle devrenin Y parçacığı arasına yerleştiren HME, ısıtıcı nemlendirici ile karşılaştırıldığında önemli bir VD yaratır. Jaber ve ark. 24 hastada HME ile ısıtıcı nemlendiriciyi karşılatırmışlar, HME kullanan hastalarda daha yüksek PaCO<sub>2</sub> düzeyleri tespit etmişlerdir. HME aynı zamanda daha yüksek dakika ventilasyonu ve 0.1 saniyede daha yüksek ağız oklüzyon basıncı ile ilişkili bulunmuştur (24). Lellouche ve ark. hiperkapnik hastalarda HME kullanımı ile hasta eforunun belirgin olarak daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. HME'de alveoler ventilasyon daha fazla solunum iş yükü harcanarak sağlanabilir (25). Bu iki çalışmada da ısıtıcı nemlendirici kullanımının avantajları ön plana çıkmıştır. Ama bu çalışmalar yüz maskeleri ile yapı-



mıştır. Aynı yorumu helmet maskeler için yapmak doğru olmaz, çünkü bu maskeler ile ısıtıcı nemlendirici kullanılması maske içinde buhar oluşmasına neden olabilir.

BTS rehberine göre akut NİV uygulamalarında nemlendirme kullanımı ile ilgili yeterli kanıt yoktur, rutin kullanımı önerilmez (19). Isıtıcı nemlendirme kullanılması üst hava yolu rezistansını azaltabilir ve kaçak fazla olduğunda hasta konforunu artırabilir (19). Kısa süreli çalışmalarda ısıtıcı nemlendirmenin üst havayolu kuruluğunu azalttığı, bu durumun toleransı artırabileceği ve sekresyon atılımına yardım edebileceği bildirilmektedir ama bu konu ispatlanmamıştır. Hasta mukozal kuruluğundan ve koyu yapışkan sekresyondan şikâyet ediyorsa bu durumlarda kullanımları düşünülmelidir.

## VI. NİV Sırasında Devre ve Ekshalasyon Portu Kullanımı

NİV uygulamak için geliştirilen portable cihazlar (BİPAP cihazları) genellikle tekli devre kullanımı gerektirirler, öte yandan invaziv mekanik ventilasyon uygulamak için geliştirilen cihazlar ile NİV uygulanması ikili devre gerektirir (inhalasyon ve ekshalasyon için iki ayrı kolu olan). NİV sırasında iki farklı tekli devre kullanılabilir; hava kaçaklı devre ve aktif ekshalasyon valvli devre. Hava kaçaklı devrede, CO<sub>2</sub>'i yıkamak için devreye veya maskeye hava çıkışını sağlayan bir açıklık yerleştirilir. Aktif valvli devrelerde ekshalasyon portu yer alır ve bu valv ekspirasyonda açılır, inspirasyonda kapanır. Portable NİV cihazları tekli devre ile kullanıldığı için bu cihazlarda CO<sub>2</sub> rebreathing'in daha fazla olacağı endişesi doğmuştur (17). Akciğer model çalışmasında daha küçük volümlü maskelerin daha az rebreathing'e neden oldukları gösterilmiştir. Aynı zamanda maske-deki ekshalasyon portunun devredeki ekshalasyon portuna göre daha az rebreathing ile ilişkili olduğu saptanmıştır (18). NİV sırasında CO<sub>2</sub> rebreathing'i için olası sebepler; gerçek ekshalasyon valvi olmayan tekli devre kullanılması, yüksek solunum sayısı, PEEP uygulanmaması ve büyük maske VD 'dir. Öneriler; ikili devre kullanılması veya tekli devrenin non-rebreathing aktif ekshalasyon valvi ile kullanılması, minimum 3-4 cmH<sub>2</sub>O PEEP eklenmesi, solunum sayısının azaltılması ve maske VD mümkün olduğunca azaltılmasıdır (17,18).

Non-rebreathing ekshalasyon portları ekspiriyum valvi bulunmayan tekli devreli cihazlarda kullanılırlar. Çeşitli nonrebreathing ekshalasyon portları mevcuttur bunlardan en sık kullanılanları whisperswivel adaptör ve plato tipi ekshalasyon valvidir. Bu valvlerin etkinliğine yönelik çok az çalışma vardır. İki çalışma benzer dönemlerde Ferguson ve Gilmartin (17) ve Lofaso ve ark. (26) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmalarda rebreathing'i engelleyecek düzeyde 4 cmH<sub>2</sub>O'luk EPAP uygulandığında PaCO<sub>2</sub>'nin plato tipi valv kullananlarda whisperswivel kullananlara göre 5 mmHg daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ama öte yandan bu olumlu akut etkinin yanı sıra iki cihazın uzun dönem etkilerine bakıldığında herhangi bir fark saptanmamış, ikisinin de uzun dönem ventilasyonda güvenle kullanılabileceği belirtilmiştir. Dikkat edilmesi gereken nokta üzerinde hava kaçak delikleri bulunan maske ile bu ekshalasyon valvlerinin bir arada kullanılmaması gerektiğidir. Böyle bir durum ile karşılaşıldığında maske üzerindeki kaçaklar kapatılmalıdır.

## VII. NİV Sırasında Oksijen Desteğinin Uygulanması

NİV tedavisi uygulanan tüm akut hiperkapnik solunum yetmezliği vakalarına  $\text{SaO}_2$  %88-92 olacak şekilde oksijen desteği sağlanmalıdır (19). Yoğun bakım ventilatörü ile NİV uygulandığında oksijen kaynağı ile ventilatörden ayarlanan sabit  $\text{FiO}_2$  düzeyi ile hastaya gönderilen pozitif basınçlı hava oksijenlendirilir. Daha küçük portable NİV ventilatörlerinde ise tekli devre kullanılır; oksijen dışarıdan bir oksijen kaynağından maskeye veya devreye bir bağlantı ile eklenerek uygulanır. Ama bu durumda hasta tarafından solunan gerçek oksijen konsantrasyonu bilinmemektedir; oksijen akımından, oksijenin bağlandığı yerden, NİV sırasında uygulanan basınçlardan, maskeden olan kaçaklardan ve ekshalasyon valvinin tipinden etkilenebilir (27).

Storre HJ ve ark. yaptıkları çalışmalarında NİV sırasında oksijen uygulamasına  $\text{CO}_2$  ekshalasyon valvlerinin ve kaçakların etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonunda NİV uygulaması sırasında maskedeki oksijen konsantrasyonunun sabit kaçaklı devre kullanıldığında aktif ekshalasyon valvi kullanımına göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Ek olarak hava kaçağı arttığında bunu kompanze etmek için ventilatörün akımını artırması sonucu yine maskedeki oksijen konsantrasyonunun daha düşük olduğu gösterilmiştir (28).

### Sonuç

Portable cihazlar ile NİV uygulandığında maskeden kaçakların fazla olması, maske üzerinde oksijen bağlantı yeri ile ekspiryum valvinin birbirine yakın olması, uygulanan basınçların yüksek olması, aktif ekshalasyon valvi yerine sabit kaçaklı maske veya devre kullanılması durumunda hastaya giden oksijen konsantrasyonu düşük olabilir, hastanın daha yüksek oksijen desteği ihtiyacı olabilir. Oksijenin mümkün olduğunca hastaya en yakın yerden sisteme eklenmesi önerilir (19).

#### KAYNAKLAR

1. Meduri GU. Noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute respiratory failure. *Clin Chest Med* 1996;17(3):513-553.
2. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(2):540-577.
3. Nava S, Navalesi P, Gregoretti C. Interfaces and humidification for noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care* 2009; 54(1):71-82.
4. Schönhofer B, Sortor-Leger S. Equipment needs for noninvasive mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2002;20(4):1029-36.
5. Meduri GU, Spencer SE. Noninvasive mechanical ventilation in the acute setting. Technical aspects, monitoring and choice of interface. *Eur Respir Mon* 2001;16:106-124.
6. Calderini E, Confalonieri M, Puccio PG, et al. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: the role of expiratory trigger. *Intensive Care Med* 1999; 25(7):662-7.
7. Meyer TJ, Pressman MR, Benditt J, et al. Air leaking through the mouth during nocturnal nasal ventilation: effect on sleep quality. *Sleep* 1997;20(7):561-69.

8. Bach JR, Robert D, Leger P, Langevin B. Sleep fragmentation in kyphoscoliotic individuals with alveolar hypoventilation treated by NIPPV. *Chest* 1995;107(6):1552-58.
9. Mehta S, McCool FD, Hill NS. Leak compensation in positive pressure ventilators: a lung model study. *Eur Respir J* 2001;17(2):259- 67.
10. Gonzalez J, Sharshar T, Hart N, et al. Air leaks during mechanical ventilation as a cause of persistent hypercapnia in neuromuscular disorders. *Intensive Care Med* 2003; 29(4):596-602.
11. Schettino GP, Tucci R, Sousa R, et al. Mask mechanics and leak Dynamics during noninvasive pressure support ventilation: a bench study. *Intensive Care Med* 2001;27(12): 1887-1891.
12. Navalesi P, Fanfulla F, Frigerio P, et al. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Crit Care Med* 2000;28(6):1785-90.
13. Costa R, Navalesi P, Antonelli M, et al. Physiologic evaluation of different levels of assistance during noninvasive ventilation delivered through a helmet. *Chest* 2005; 128(4):2984-90.
14. Racca F, Appendini L, Gregoretti C, et al. Effectiveness of mask and helmet interfaces to deliver noninvasive ventilation in a human model of resistive breathing. *J Appl Physiol* 2005;99(4):1262-71.
15. Racca F, Appendini L, Gregoretti C, et al. Effectiveness of mask and helmet interfaces to deliver noninvasive ventilation in a human model of resistive breathing. *J Appl Physiol* 2005;99(4):1262-71.
16. Navalesi P, Costa R, Ceriana P, et al. Non-invasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease patients: helmet versus facial mask. *Intensive Care Med* 2007;33(1): 74-81.
17. Ferguson GT, Gilmartin M. CO2 rebreathing during BIPAP ventilator assistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151(4):1126-35.
18. Schettino GP, Chatmongkolchart S, Hess DR, Kacmarek MR. Position of exhalation port and mask design affect CO2 rebreathing during noninvasive positive pressure ventilation. *Crit Care Med* 2003;31(8): 2178-82.
19. Davidson AC, et al. BTS/ICS guidelines for the ventilatory management of acute hypercapnic respiratory failure in adults. *Thorax* 2016; 71: ii1-ii3.
20. Criner GJ, Travaline JM, Brennan KJ, et al. Efficacy of a new full face mask for noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 1994;106:1109-15.
21. Bruce Roy MD, Cordova F, Travaline J, et al. Full face mask for noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute respiratory failure. *J Am Osteopath Assoc* 2007;107(4):148-156.
22. Liesching TN, Cromier K, Nelson D, et al. Total face mask TM vs standard full face mask for noninvasive therapy of acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:A996
23. Navalesi P, Fanfulla F, Frigeiro, P et al. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Chest* 2000;28:1785-90.
24. Jaber S, Chanques G, Matecki S, et al. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas Exchange during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28(11):1590-94.
25. Lellouche F, Maggiore SM, Deye N, et al. Effect of the humidification device on the work of breathing during noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 2002; 28(11):1582-89.
26. Lofaso F, Aslanian P, Richard JC, et al. Expiratory valves used for home devices: experimental and clinical comparison. *Eur Respir J* 1998;11(6):1382-8.
27. Thys F, Liistro G, Dozin O, et al. Determinants of FiO2 with oxygen supplementation during noninvasive two-level positive pressure ventilation. *Eur Respir J* 2002; 19(4):653-57.
28. Storre JH, Huttman SE, Ekkernkamp E, et al. Oxygen supplementation in noninvasive home mechanical ventilation: the crucial roles of CO2 exhalation systems and leakages. *Respir Care* 2014; 59 (1): 113-20.



# Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Nemlendirme

Meltem Şimşek, Serpil Öcal

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

## GİRİŞ

Tıbbi gazların nemlendirilmesi ve ısıtılması invaziv ventilasyon desteği alan hastalarda iyi bilinen bir klinik uygulamadır (1). Normal koşullar altında 20-22°C sıcaklıkta oda havası, sadece %40-50 civarında bir rölatif nem (RN) ile 18-20 mgH<sub>2</sub>O/L absöüt nem (AN) ile kısmen nemlendirilir. Burun ve üst solunum yolları yoluyla parçacıklar ve mikroorganizmalar, vücut sıcaklığına (37°C) kadar ısıtılan ve tamamen doymuş olan inspirasyon havasından filtrelenir(2). Burun mukozası ve konka kemikleri bu mekanizmalarda ana rolü oynamaktadır. Burun mukozası, yüksek vaskülarizasyon ve yüksek mukus konsantrasyonu nedeniyle her zaman nemlidir (3). Mukozayla kaplı olan türbinlerin yüzey alanı, gaz akışının türbülansını artıracak kıvrımlara sahiptir. Sonuç olarak orofarenkse gelen inspiratuvar akış 30-32°C sıcaklıkta ve neredeyse tamamen neme doymuş haldedir (AN 28-34 mgH<sub>2</sub>O/ L, %90-100 RN'ye karşılık gelir) (4). Trakeaya geçiş sırasında gaz, vücut sıcaklığında daha da ısıtılır ve izotermik doymunluk sınırına kadar su buharı ile yüklenmektedir (5). Isı ve nem ekspirasyon evresi sırasında, mukoza tarafından kısmen tutulur, ancak bu süreç tamamlanmaz ise nefesle verilen hava, alınan havadan daha sıcak ve daha nemli hale gelir ve fizyolojik olarak net bir ısı ve sıvı kaybına neden olur (3,6).

Tıbbi gazların sıcaklığı, hastane gazı depolama yerine ve oda sıcaklığına bağlıdır ve nemlendirme çoğu zaman düşüktür. Sonuç olarak, sıkıştırılmış tıbbi gazlar hastalara verilene kadar aşırı kuru kalacaktır. Kuru gazlar inspire edildiğinde nem açığı oluşur. Bu, mukozanın nemden yoksun kalmasına, siliyer aktivitede azalmaya ve üst solunum yolu epitelinin işlevsel olarak değişmesine yol açabilir (2,5).

NİV her türlü akut solunum yetmezliği için yaygın olarak uygulanmaktadır (7). NİV başarısızlığı hastaların %20 ile %50'sinde bildirilmiştir. Uygun olmayan nemlendirme ve havanın aşırı ısıtılması, NİV toleransı düşük olan hastalarda invaziv mekanik ventilasyon desteği gerektiren olumsuz bir durumla sonuçlanabilir (8).

Günümüzde, NİV esnasında inspire edilen gazların optimum nem seviyesi hakkında hiçbir bilgi yoktur. Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü direkt olarak NİV için olmasada, 10 mgH<sub>2</sub>O/L AN'i üst solunum yollarındaki mukozal hasarı asgariye indirmek için gerekli olan en düşük kabul edilebilir seviye olarak önermiştir (9). Tıbbi gazların nemlendirilmesi ve ısıtılması invaziv mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda yaygın bir uygulamadır, ancak NİV sırasında tanımlanmış herhangi bir kılavuz yoktur.

Yapılan klinik bir çalışmada NİV sırasında uygun olmayan gaz ısıtılması ve nemlendirilmesinin etkileri incelenmiştir (**Tablo 1**) (10). Kaçak varlığı, maske tipi, ventilatör tipi, FiO<sub>2</sub> ve İPAP seviyesi, çevrenin ve inhale edilen havanın ısısı nemlendirmeyi etkilemektedir.

NİV sırasında tıbbi gazların ısıtılması ve nemlendirilmesi ve buna etkisi olan faktörler

NİV sırasında suni nemlendiricilerle nemlendirme, yetersiz nemlendirilmiş gaz solunumunun olumsuz etkilerini önleyebilir. Kısa süreli kullanıcılarda nemlendiricilerin kullanımı ile solunum işinde, nazal hava yolu direncinde ve üst hava yollarındaki kurulukta azalma gösterilmiştir (10-12). En sık kullanılan iki nemlendirme cihazı ısıtılmış nemlendirici (HH) ve ısı ve nem değiştirici (HME) 'dir. HME'ler nispeten daha etkilidir ve genellikle mikrobiyolojik bir filtreye sahiptir. Ekspirasyon evresi sırasında, hastanın ekspirasyonda verdiği havanın ısısı ve nemi HME membranı üzerinde yoğunlaşır ve bir sonraki inspirasyon sırasında ısıyı ve nemi geri getirir. HME'ler basitliği ve düşük maliyeti için genellikle tercih edilir, ancak ölü alanı ve akışa direnci artırabilir. Benzer CO<sub>2</sub> seviyelerine rağmen, akut solunum yetmezliği olan hastalarda arteryal kan gazları ve hasta çabası üzerine HH ve HME'leri karşılaştıran bir çapraz çalışmada, dakika ventilasyonun HME'lerde HH'lere göre anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur (13).

## NİV'de Nemlendirme ve Gelişimi

İnvaziv mekanik ventilasyon (MV) esnasında ısı ve nem sağlanması, dünya genelinde bir standarttır ve nemlendirmenin önemi konusunda uluslararası bir fikir birliği vardır.

**Tablo 1.** NİV sırasında yetersiz nemlendirmenin etkileri ve nemlendirmeyi etkileyen faktörler.

Yetersiz nemlendirmenin etkileri	Nemlendirmeyi etkileyen faktörler
• Nazal mukozanın anatomik ve fonksiyonel değişimi	• Kaçak varlığı
• Nazal kuruluk ve/veya konjesyon	• Maske tipi
• Artmış nazal hava yolu rezistansı ve solunum işi	• Ventilatör tipi
• Mukus tıkaçları, sekresyon retansiyonu, ateletazi, hava yolu obstrüksiyonu, zor entübasyon	• FiO <sub>2</sub> ve İPAP seviyesi
• NİV tolerans ve kompliyansında azalma	• Çevrenin ve inhale edilen gazın ısısı

İPAP: Inspiratuvar pozitif havayolu basıncı, FiO<sub>2</sub>: Fraksiyone oksijen seviyesi.

Nemlendirme, invaziv MV alan her hastaya önerilir. İnvaziv MV sırasında HH ve HME kullanılır (14,15). NİV sırasında nemlendirme kullanımı tartışmalıdır. Endikasyonları, hasta seçimi, cihaz seçimi gibi özellikleri tanımlayan konsensus bildirimi yoktur. Bununla birlikte, NİV’de nemlendirme işlemi desteklemek, caydırmak veya açık kanıt sağlamak için iyi tasarlanmış çalışmalar gereklidir (14,15).

NİV’de nemlendirme için standart bir yaklaşımın gelişimi birtakım zorluklar nedeniyle kaçınılmaz hale gelmiştir. Uygun klinik uygulama kılavuzlarının geliştirilmesi iyi tanımlanmış popülasyonda randomize klinik araştırmaların varlığı ile mümkün olacaktır (16,17). NİV’deki hastalarda nemlendirmenin önemini vurgulayan ilk raporlar, akut solunum yetmezlikli (ASY) hastalar üzerinde yapılan gözlemsel çalışmalardan gelmiştir. Bu raporlar ile NİV’de nemlendirme uygulamasının yararlı etkileri ve kuru gazın solunmasının olası komplikasyonları vurgulanmıştır (13,18,19). Son dekatda nemlendiricilerin üretimindeki teknolojik gelişmeler ve bu yeni nemlendiricilerin NİV geleneksel cihazlarına nasıl ekleneceği daha iyi anlaşılmıştır. Örneğin; bu nemlendiricilerden bazılarıyla hiperkapni ve solunum işi kontrolü hakkında bazı potansiyel yararlı etkiler tanımlanmıştır (13).

### **NİV’in Kısa Süreli Kullanımında Nemlendirme**

NİV sırasında nemlendirmenin erken kullanma nedenlerinden biri uyumu arttırmaktır. Mukozanın kuruması katkıda bulunan en önemli faktörlerden biridir. Nemlendirme uygulamasının toleransı arttırıp arttırmayacağı ve NİV’e uyumda artış sağlayıp sağlamadığını belirlemek için klinik araştırmalara ihtiyaç vardır (13,18). Klinik uygulamada, nemlendirme yapılmadığında bazı komplikasyonların geliştiği ve doğrudan veya dolaylı olarak NİV başarısızlığına ve endotrakeal entübasyonun güçlüğüne katkıda bulunduğu gözlenmiştir (20). HH tipi nemlendirici uygulamasının, mukozal kuruluk ile ilişkili semptomların kontrolünde yararlı ve güvenilir olduğu kanıtlanmıştır ve bu nedenle, özellikle kronik solunum yolu hastalığı olan hastalarda uyuma katkıda bulunabilir. Nemlendirmenin erken kullanım kararını, maliyet etkinliği, solunum hastalığı türü, akut solunum yetmezliği tipi, ventilatör parametreleri ve bronşial sekresyon klirensi gibi faktörler belirler (12,21). Bazı durumlarda, kullanılan nemlendirici türü, ölü alanı ve solunum işini (WOB) arttırarak, yeniden soluma ve inspiratuvar pozitif basıncın düşmesine neden olur ve tedavi maliyetini artırır (12). Bunun yanında asenkronizasyon sorunlarına da neden olabilir (13,22-25).

ASY’li hastalarda kısa süreli NİV için HME kullanımı daha az çapraz enfeksiyona neden olurken; HH solunum yolu viral enfeksiyonları (SARS, H<sub>1</sub>N<sub>1</sub>) veya *Mycobacterium tuberculosis* aerosollerini yayma riskini daha fazla taşıyabilir. Ancak H<sub>1</sub>N<sub>1</sub> pandemisini analiz edilen International Network Group’un yayınlanmış olduğu çalışma böyle bir ilişkiyi göstermedi (26,27).

## NİV için Nemlendirici Kullanımı ve Etkileri

NİV dakika ventilasyonu arttırmaktadır. İnhalasyon havasını yüksek hacim ve akışta serin ve kuru havaya dönüştürür. NİV yoğun bakım ünitesi (YBÜ) ventilatörü aracılığıyla sağlanırsa, kuruluk riski daha da artar. İn hale edilen gazın ısıtılıp nemlendirilmesinden esas sorumlu olan burun iken NİV yapılan akut solunum yetmezlikli hastalar ağız solunumu daha sık yapmaktadırlar (28). Obstrüktif uyku apne sendromu (OSAS), NİV'in evde kronik kullanımı için en önemli endikasyonlardan biridir. Elde edilen veriler CPAP tedavisini kullanan OSAS'lı hastaların %60'ında ağız ve burun tıkanıklığı ve kuruluğu yaşadığını göstermektedir. Bu nedenle, inhale edilen gazın NİV'de nemlendirilmesi hasta sonuçları ve tedaviye uyum için önemlidir (29).

## NİV'de Nem Ölçme

Son zamanlarda, yeni maskelerin ve mekanik ventilatörde yeni teknolojilerin kullanıma girmesi ile, NİV sırasında en iyi higrometre seviyesinin belirlenmesi ve bunun potansiyel etkisinin belirlenmesine ilgi artmaktadır. RN'in optimal seviyesinin ve higrometre ölçümünün, nemlendirmeye etkisini çok az sayıda klinik çalışma analiz etmiştir. NİV'nin sık görülen endikasyonlarının büyük kısmı için higrometre altın standart olarak önerilmemiştir. Higrometri ölçümleri direkt yöntemler (burun delikleri) veya dolaylı teknikler (termometreler) ile yapılmıştır (11,30). Higrometre ölçümünün doğru şekilde yorumlanmasını hava kaçağı, ölü boşluk, solunum paterni, İPAP/EPAP düzeyleri, inspiratuvar oksijen fraksiyonu ( $F_{iO_2}$ ), sensörün yeri gibi faktörler engelleyebilmektedir. İlk higrometre analizi, Wiest ve ark. tarafından yapılmıştır. YBÜ havalandırma sistemlerinin kullanılarak spesifik ventilatör türbinleri için 5 mgH<sub>2</sub>O/L-13 mgH<sub>2</sub>O/L aralığında düşük bir AN seviyesi sağlayan geleneksel yoğun bakım ventilatörlerini kullanılmıştır (31). Wiest ve ark.na göre, komplikasyonların beklenebileceği AN düzeyi 5 mgH<sub>2</sub>O/L'den azdır (31). Bir diğer çalışmada İPAP ayarındaki artışların RN'de belirgin bir düşüşe neden olduğunu ve bunun da HH uygulandığında normale döndüğünü göstermiştir (24). Oto ve ark. araştırmasında AN'in EPAP'dan önemli ölçüde etkilenmiş olduğunu göstermiştir. EPAP arttıkça, ortalama akışın arttığını ve AN'da azalma olduğunu belirtmiştir. Elde edilen optimum nem seviyeleri açısından en iyi ve en etkili nemlendirici sistemle ilgili açık fikir birliği ya da tavsiye bulunmamaktadır (32).

## NİV'de Nemlendirme için Uygun Maske Seçimi

Özellikle burun maskesiyle ağız açıklığına bağlı olarak, AH sürekli bir şekilde kaybedilir ve burun maskeleri sürekli olarak daha yüksek sızıntı seviyesiyle ilişkili olduğu için nem kaybına ve bunun sonucunda üst burun direncinde bir artışa neden olmaktadır. Helmet, yüz maskesiyle karşılaştırıldığında, hastanın yüzü ile herhangi bir temasının olmaması, cilt lezyonlarına sebep olmaması nedeni ile NİV'e uyumu artırabilir. Yüz maskesinden farklı olarak, helmet daha yüksek iç hacmi, ekspire ve inhale edilen tıbbi gazlar arasında bir karıştırma odası oluşturması nedeniyle sıcaklık ve nem seviyesini



arttırmaktadır. Bu tıbbi gazların ısı ve nem seviyelerini artırabilir, böylece ısıtılmış bir nemlendiriciye gerek kalmaz. Yüz maskesi kullanıldığında ise, çok düşük ölü boşluk nedeniyle bir nemlendirme sistemi önerilir (33,34).

### **Hasta solunum paterninin NİV'de nemlendirmeye etkileri**

*Solunum paterni, solunum hızı:* Takipne AN'nin daha fazla kaybına neden olur.

Ağız solunumu: AN kaybına neden olur.

*Yüksek pik inspiratuvar akım:* Inspiratuvar hava akımı AN ve RN'yi etkiler. Pik inspiratuvar akım arttıkça AN azalır.

*Tidal hacim:* Nemlendirilmesi gereken daha yüksek hacim daha fazla nemlendirme ihtiyacına neden olur (35-37).

### **Evde NİV Uygulanması ve Nemlendirme**

NİV'in evde kronik kullanımı için en önemli endikasyonlardan biri OSAS'dır. CPAP tedavisi uygulanan OSAS'lı hastaların %60'ında ağız ve burun tıkanıklığı ve/veya kuruluğu yaşadığını gösterilmiştir. Bu nedenle, NİV'de nemlendirilme hasta sonuçları ve tedaviye daha iyi uyum için önemlidir (21,30). CPAP uygulaması sırasında nefesle alınan havanın burun tarafından sağlanan nispi ve mutlak nemliliği, spontan solunuma kıyasla, özellikle de yüksek inspiratuvar basınçta azaltılır. Holland ve ark. tarafından, İPAP artışının gaz sıcaklığında bir artışa ve dolayısıyla gazın nispi neminde bir düşüşe neden olduğu bulunmuştur. Aynı çalışma, test edilen nemlendiricinin verilen basınç üzerindeki etkilerinin küçük olduğunu ve muhtemelen klinik olarak önemli olmadığını göstermiştir (24). İnhal edilen havanın HH ile nemlendirmesinin, deneysel koşullar altında mukozal kan akışını arttırdığı ve burun direncini hafiflettiği ve buna bağlı olarak CPAP ile kronik olarak tedavi edilen OSAS hastalarında üst solunum yolu semptomlarını azaltabildiği gösterildi (38,39). NİV geleneksel olarak nemlendirme olmadan kullanılmıştır ve NİV nemlendirme işleminden kimlerin yarar sağlayacağı konusunda sorular bulunmaktadır. Aslında, NİV kullanımı ile ilgili kılavuzlar, nemlendirme ile ilgili çelişkili tavsiyeler içermektedir. Bununla birlikte, özellikle de ısıtılmış nemlendirme kullanımının, soğuk havayla ilişkili mukozal kuruluşun yol açtığı semptomları hafifletip ventilatör ile konforu ve CPAP tedavisine uyumu arttırmaktadır (40,41).

## **10. Nemlendirici Tipleri**

Bir nemlendirme sistemini diğerine üstünlüğünü destekleyecek ya da higrometre etkinliği ya da AN açısından birinin diğerine üstünlüğünü göstermeye yönelik yeteri kadar çalışma bulunmamakla birlikte nemlendirme sisteminin seçimi maske (burun, yüz, helmet) ve mekanik ventilatör tipi (ev tipi mekanik ventilatör veya YBÜ mekanik ventilatör) gibi birçok faktörlere bağlıdır (15,42-45). Nemlendirme cihazlarının HH ve HME olmak üzere iki temel tipi vardır. Her ikisi de kısa ve uzun süreli NİV için kullanılabilir (46).

**a. Isıtmalı Nemlendirici (HH):** HH, belirlenmiş inspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (İPAP) üzerindeki etkisi ile AN'i kabul edilebilir seviyelere yükseltmek için aktif bir sistem olarak görev yapar (47). HH'nin kullanılmasıyla gazlar, havalandırıcıya tutturulan ısıtılmış bir su haznesinin yüzeyi üzerine geçirilerek aktif olarak ısıtılıp nemlendirilir. Sistem, havanın soğumasını ve yoğunlaşmasını önlemek için havalandırma devresinin inspiratuvar kolunda ısıtılmış bir tel bulundurabilir. Tek yönlü akım burun mukozasında kuruluğa neden olur, inflamatuvar mediyatörlerin salınımını artırır ve burun direncini artırır (48, 49). HH havadaki RN'yi artırır, burun hava yolu direncini azaltır ve HME'lere kıyasla NİV'e uyumluluğu artırabilir (21-23,33,50).

Her iki nemlendirici türünde bazı komplikasyonlara neden olabilir. HH, elektrik çarpması, termal yaralanma, hipo/hipertermi, hastane içi enfeksiyon riski ve hasta ventilatör uyumsuzluğuna neden olabilir (46,51).

**b. Isı ve nem değiştirici (HME):** Diğer nemlendirme tipi olan HME genellikle Y-parçası ve maske arasına yerleştirilir. Hastanın solunumla verdiği gazın ısısını ve nemini iyileştirerek havayı pasif olarak nemlendirir ve bunları inhalasyon sırasında hastaya döndürür. HME, solunum devresindeki nemi endojen olarak muhafaza ederek hareket eder ve hasta, havanın AN'yi korumak için yeterli kapasiteye sahip olduğunda kullanılır. Erken uygulanması önerilir, ancak her tür maskede (burun maskesi veya yüz maskesi) önerilmemektedir. Helmet için idealdirler. Chanques ve ark. en sık kullanılan nemlendiricilerin postoperatif resüsitasyon ünitelerinde HME'ler (%52) olduğunu, bunu HH'lerin (%26) izlediğini bulmuştur (22, 45). HME, ölü alanı artırabilir ve hiperkapniye bağlı olarak hipoventilasyona neden olabilir. Ayrıca, mukus salgılarının HH'ye kıyasla HME'de artması nedeniyle HME ile hava yolu tıkanması gibi komplikasyonların gelişme ihtimali daha fazladır. Her ikisinde, hipoventilasyon ve/veya mukus tıkanmalarına (< 26 mgH<sub>2</sub>O/L) neden olabilir. En iyi nemlendiricinin seçimi üzerinde tartışmalar halen devam etmektedir (**Tablo 2**) (10).

Kronik solunum yetmezliği için NİV kullanımı sırasında HME ile HH karşılaştırılmıştır. Bu uzun vadeli (12 aylık) randomize çapraz pilot çalışmada, HH'nin NİV uyumluluğu, hastaneye yatış oranı veya kuru gazlarla ilgili komplikasyonların çoğu için (kuru boğaz hariç) HME'den farklılık göstermediği bulunmuştur. Çalışmanın sonunda, daha fazla sayıda hasta (10/14) evde HH ile devam etmeyi tercih etmiştir (12).

HH'nin HME'ye göre alveolar ventilasyon ve CO<sub>2</sub> eliminasyonunu iyileştirdiği ve solunum işini sıfır ekspirasyon basıncına düşürdüğü gösterilmiştir (13). Dolayısıyla, bu verilere dayanarak, Amerikan Solunum Koruma Birliği tarafından mevcut tavsiyeler, NİV sırasında HH'nin kullanılması yönündedir (51). NİV için aktif nemlendirme önerilir, çünkü yapışma ve rahatlığı artırabilir. Pasif nemlendirme NİV için önerilmez. HME'ler kısa süreli kullanım için (96 saat) ve taşımada daha uygundur (52-58). Bununla birlikte, son zamanlarda HME'lerin düşük alveoler ölü boşluk durumunda hasta uyumunda HH'e benzer etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (25). Akciğer koruyucu ventilasyon

Tablo 2. NİV’de nemlendirme sistemlerinin avantaj ve dezavantajları.		
Nemlendirme sistemi	Avantaj	Dezavantaj
HH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ölü boşluk daha az</li> <li>• CO<sub>2</sub> retansiyonu daha az</li> <li>• Solunum işi daha az</li> <li>• Akut solunum yetmezliğinde etkili nemlendirme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daha pahalı</li> <li>• Kullanımı daha zor</li> <li>• Isı artışı (özellikle helmet ile birlikte)</li> <li>• Elektrik gerekliliği</li> </ul>
HME	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kullanımı daha kolay</li> <li>• Elektrik gerektirmez</li> <li>• Daha ucuz</li> <li>• İMV’de daha sık kullanım</li> <li>• Düşük ortam sıcaklığı ve yüksek akışta nemin daha iyi muhafaza edilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daha büyük iç hacim</li> <li>• Artmış ölü boşluk</li> <li>• CO<sub>2</sub> retansiyonu</li> <li>• Artmış nazal hava yolu direnci</li> <li>• Artmış solunum işi</li> <li>• Kaçağı olan vakalarda performans düşüklüğü</li> </ul>

stratejileri uygulanan düşük tidal volümü verilen hastalarda nemlendirme sağlanırken, ventilasyon ihtiyacını ve PaCO<sub>2</sub>’yi artırabilecek ek ölü boşluğa katkıda buldukları için HME önerilmez (51). HME’nin ventilatörle ilişkili pnömoni için bir önleme stratejisi olarak kullanılmaması önerilmektedir (51).

Ek olarak, çok merkezli randomize kontrollü bir çalışma, YBÜ ventilatörü ile yapılan NİV sırasında HH kullanımı ile HME’ye kıyasla kısa vadeli fizyolojik faydalarının gözlenmediğini bildirmiştir. Entübasyon hızı ve uzun vadeli sonuçlar (NİV süresi, hastanede yatış süresi ve mortalite dahil) de benzerdir (59).

## Nemlendirici Ayarları

NİV’de nemlendirme için en iyi stratejiyi belirleyecek büyük epidemiyolojik çalışmalar bulunmamaktadır. Bununla birlikte, mevcut verilere dayanarak, NİV’de nemlendirme işleminin doğru şekilde uygulanmasını sağlamak için öncelikle nemlendirmeyi etkileyebilecek faktörleri belirlemeli ve daha sonra her bir vaka için uygun nemlendirme sistemi kullanılmalıdır. Bu durum hastanın klinik durumuna, ventilatör parametrelerine ve kullanılan maskeye göre değişmektedir. Bir saat boyunca 25 mgH<sub>2</sub>O/L’nin altında veya 24 saatten fazla 30 mgH<sub>2</sub>O/L’nin altındaki nem maruz kalmanın mukozal disfonksiyonla ilişkili olduğu gösterilmiştir (51). Normal solunum sırasında, trakeadaki nem 36 mgH<sub>2</sub>O/L ile 40 mg H<sub>2</sub>O /L arasında değişebilir ve karina altındaki optimum nem 44 mg/L’dir (37°C’de %100 bağıl nem). Dolayısıyla, hastalar için en az 33 mgH<sub>2</sub>O/L tavsiye edilmiştir. Gerekli toplam nem girişi 44 mg/L, nemlendiricinin etkin olduğu kısım 0.75 x 44 mg / L= 33 mg/L’dir. HME ve HH, üst solunum yolunun fizyolojik işleyişi için uygun ve benzer nemlendirme etkilerine (25-30 mgH<sub>2</sub>O/L) sahiptir. Solunum sıkıntısı

derecelerine göre, NİV sırasında gereken minimum AH düzeyinin 15 mgH<sub>2</sub>O/L olduğu öne sürüldü (51). NİV terapisine nemlendirme eklenmesinin farklı ölçütlere göre faydasının gösterilebileceği çok sayıda hastayla yapılan çok merkezli çalışmalara ihtiyaç vardır.

## Sonuç

Hava kaçağı varlığında tek yönlü hava akımı hava yollarını kurutur ve hava yolu direncini arttırmaktadır. Serin kuru gazın olumsuz etkilerini önlemek için ısıtma ve nemlendirme gerekebilir. HH, daha az ölü alana neden olduğundan HME'ye göre daha iyi CO<sub>2</sub> temizleme ve daha düşük solunum işine neden olur. Nemlendirici tipinin seçimi ventilatör ve maske türüne, nemlendiricinin bulunabilirliğine ve hastanın klinik koşullarına bağlı olacaktır. Isıtılmış nemlendiriciler, HME'ye oranla mevcut rehberlere göre daha fazla önerilir; çünkü HME, solunum iş yükü ve ölü boşluğu arttırabilir, bu da hiperkapni'ye yol açar. Bununla birlikte, en son literatüre dayanarak, HME'nin kullanımı (düşük ölü alana sahip vakalarda) HH ile benzer etkilere sahip olduğu görünüyor. Uzun süre NİV sırasında en iyi nemlendirme sistemi ile ilgili fikir birliği yoktur. Isıtılmış nemlendirme ve ısı ve nem değiştiricisinin kullanımı benzer tolerans ve yan etkiler gösterdi, ancak daha fazla sayıda hasta, ısıtılmış nemlendirme ile uzun süreli noninvaziv mekanik ventilasyona devam etme kararı almıştır (12,14,19,51).

### KAYNAKLAR

1. Cook D, Ricard JD, Reeve B, et al. Ventilator circuit and secretion management strategies: a franco-canadian survey. *Crit Care Med* 2000;28:3547-54.
2. Shelly MP, Lloyd GM, Park GR. A review of the mechanisms and methods of humidification of inspired gases. *Intensive Care Med* 1988;14:1-9.
3. Negus VE. Humidification of the air passages. *Thorax* 1952; 7:148-15.
4. Chatburn RL, Primiano FP Jr. A rational basis for humidity therapy. *Respir Care* 1987; 32:249-54.
5. Shelly MP. Inspired gas conditioning. *Respir Care* 1992; 37:1070-80.
6. Walker JEC, Wells RE, Merrill EW. Heat and water exchange in the respiratory tract. *Am J Med* 1961; 30:259-64.
7. American Thoracic Society. International consensus conferences in intensive care medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:283-91.
8. Keenan SP, Kernerman PD, Cook DJ, et al. Effect of noninvasive positive pressure ventilation on mortality in patients admitted with acute respiratory failure: a meta-analysis. *Crit Care Med* 1997;25:1685-92.
9. American national standards standard for humidifiers and nebulizers for medical use. ANSI, Washington DC 1979.
10. Esquinas AM, Scala R, Soroksky A, et al. Clinical review: humidifiers during non-invasive ventilation - key topics and practical implications. *Crit Care*. 2012;16:203-9.

11. Lellouche F, Maggiore SM, Lyazidi A, et al. water content of delivered gases during non-invasive ventilation in healthy subjects. *Intensive Care Med.* 2009;35:987-95.
12. Nava S, Cirio S, Fanfulla F, et al. Comparison of two humidification systems for long-term noninvasive mechanical ventilation. *Eur Respir J.* 2008;32:460-4.
13. Lellouche F, Maggiore SM, Deye N et al. Effect of the humidification device on the work of breathing during noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:1582-89.
14. Branson RD, Gentile MA. Is humidification always necessary during noninvasive ventilation in the hospital? *Respir Care* 2010;55(2):209-16.
15. Esquinas A, Nava S, Scala R, et al. Humidification and difficult endotracheal intubation in failure of noninvasive mechanical ventilation (NIV). Preliminary Results. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177:A 644.
16. Ruhle KH, Franke KJ, Domanski U, Nilius G. Quality of life, compliance, sleep and nasopharyngeal side effects during cpap therapy with and without controlled heated humidification. *Sleep and Breathing* 2011;15(3):479-85.
17. Worsnop CJ, Miseski S, Rochford PD. Routine use of humidification with nasal continuous positive airway pressure. *Intern Med J* 2010;40(9):650-56.
18. Nava S, Ceriana P. Causes of failure of noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care* 2004;49(3):295-303.
19. Nava S, Navalesi P, Gregoretti C. Interfaces and humidification for noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care* 2009;54(1):71-84.
20. Carrillo EA, González G, Humivenis Working Group. Absolute humidity variations with a variable inspiratory oxygenation fraction in noninvasive mechanical ventilation (NIV). A Pilot Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2008; 177:A 644.
21. Mador MJ, Krauzza M, Pervez A, et al. effect of heated humidification on compliance and quality of life in patients with sleep apnea using nasal continuous positive airway pressure. *Chest* 2005; 128(4):2151-58.
22. Jaber S, Chanques G, Matecki S, et al. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation And Gas Exchange During Non-Invasive Ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28(11):1590-94.
23. Siempos II, Vardakas KZ, Kopterides P, Falagas ME. Impact of passive humidification on clinical outcomes of mechanically ventilated patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care Med* 2010; 35(12):2843-51.
24. Holland AE, Denehy L, Buchan CA, Wilson JW. Efficacy of a heated pass over humidifier during noninvasive ventilation: a bench study. *Respir Care* 2007;52(1):38-44.
25. Boyer A, Vargas F, Hilbert G, et al. Small dead space heat and moisture exchangers do not impede gas exchange during noninvasive ventilation: a comparison with a heated humidifier. *Intensive Care Med* 2010;36(8):1348-54.
26. Conti G, Larsson A, Nava S, Navalesi P. On the role of non-invasive (NIV) to treat patients during the h1n1 influenza pandemic. *ERS & ESIMC* 2009.
27. Esquinas A. Humidification practice during h1n1 pandemic. *International Survey (Unpublished Data)*.
28. Ruhle KH, Franke KJ, Domanski U, Nilius G (2000). Quality of life, compliance, sleep and nasopharyngeal side effects during cpap therapy with and without controlled heated humidification. *Sleep Breath.* Epub ahead of print.

29. Pepin JL, Leger P, Veale D, et al. Side effects of nasal continuous positive airway pressure in sleep apnea syndrome. Study of 193 patients in two French Sleep Centers. *Chest* 1995;107(2):375-81.
30. Fischer Y, Keck T, Leiacker R, et al. Effects of nasal mask leak and heated humidification on nasal mucosa in the therapy with nasal continuous positive airway pressure (ncpap). *Sleep Breath* 2008;12(4):353-57.
31. Wiest GH, Fuchs FS, Brueckl WM, et al. In vivo efficacy of heated and non-heated humidifiers during nasal continuous positive airway pressure (ncpap) therapy for obstructive sleep apnoea. *Respir Med* 2000; 94(4):364-68.
32. Oto J, Imanaka H, Nishimura M. Clinical factors affecting inspired gas humidification and oral dryness during noninvasive ventilation. *J Crit Care* 2011;26(5):535-E9.
33. Chiumello D, Chierichetti M, Tallarini F, et al. Effect of a heated humidifier during continuous positive airway pressure delivered by a helmet. *Crit Care* 2008;12(2):R55.
34. Schumann S, Stahl CA, Moller K, et al. Moisturizing and mechanical characteristics of a new counter-flow type heated humidifier. *Br J Anaesth* 2007;98(4):531-38.
35. Girault, Christophe, et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients. *Critical Care Medicine* 2003;31(5): 1306-311.
36. Nakagawa, Naomi Kondo, et al. Effects of a heat and moisture exchanger and a heated humidifier on respiratory mucus in patients undergoing mechanical ventilation. *Critical Care Medicine* 2000;28(2): 312-17.
37. Richecoeur, Jack, et al. Expiratory washout versus optimization of mechanical ventilation during permissive hypercapnia in patients with severe acute respiratory distress syndrome. *American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine* 1999;160(1): 77-85.
38. Massie CA, Hart RW, Peralez K, Richards GN. Effects of humidification on nasal symptoms and compliance in sleep apnea patients using continuous positive airway pressure. *Chest* 1999;116(2):403-8.
39. De Araujo MT Martins, Vieira SB, Vasquez EC, et al. Heated humidification or face mask to prevent upper airway dryness during continuous positive pressure therapy. *Chest* 2000;117:142-147.
40. Evans TW. International consensus conference in intensive care medicine: non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 2001;27(1):166-178.
41. Clinical indications for noninvasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD, and nocturnal hypoventilation – A Consensus Conference Report. *Chest* 1999;116:521-34.
42. Crimi C, Noto A, Princi P, et al. A European survey of noninvasive ventilation practices. *Eur Respir J: official journal of the European Society for clinical respiratory physiology* 2010; 36(2):362-9.
43. Poulton TJ, Downs JB. Humidification of rapidly flowing gas. *Crit Care Med* 1981; 9(1):59-63.
44. Sanner BM, Fluerebrock N, Kleiber-Imbeck A, et al. Effect of continuous positive airway pressure therapy on infectious complications in patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Respiration* 2001;68(5):483-7.
45. Chanques G, Jaber S, Delay JM, et al. Phoning study about postoperative practice and application of non-invasive ventilation. *Ann Fr Anesth Reanim* 2003;22(10):879-85.
46. Oliveri C, Costa R, Conti G, Navalesi P. Bench studies evaluating devices for non-invasive ventilation: critical analysis and future perspectives. *Intensive Care Med* 2012;38:160-7

47. Girault C, Breton L, Richard JC, et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients. *Crit Care Med* 2003;31(5):1306-11.
48. Richards GN, Cistulli PA, Ungar RG, et al. Mouth leak with nasal continuous positive airway pressure increases nasal airway resistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154(1):182-6.
49. Miyoshi E, Fujino Y, Uchiyama A, et al. Effects of gas leak on triggering function, humidification, and inspiratory oxygen fraction during noninvasive positive airway pressure ventilation. *Chest* 2005;128(5):3691-8.
50. Martins De Araujo MT, Vieira SB, et al. Heated humidification or face mask to prevent upper airway dryness during continuous positive airway pressure therapy. *Chest* 2000; 117(1):142-7.
51. Restrepo RD, Walsh BK, AARC Practice Guideline. Humidification during invasive and non-invasive mechanical ventilation. *Respir Care* 2012;57(5):782-8.
52. Chiumello D, Pelosi P, Park G, et al. In vitro and in vivo evaluation of a new active heat moisture exchanger. *Crit Care* 2004;8(5):281-8.
53. Lemmens HJM, Brock-Utne JG. Heat-and-moisture exchanger devices: are they doing what they are supposed to do? *Anesth Analg* 2004;98:382-385.
54. Thomachot L, Boisson C, Arnaud S, et al. Changing heat and moisture exchangers after 96 hours rather than after 24 hours: a clinical and microbiological evaluation. *Crit Care Med* 2000;28(3):714-20.
55. Thomachot L, Leone M, Razzouk K, et al. Randomized clinical trial of extended use of a hydrophobic condenser humidifier: 1 vs. 7 days. *Crit Care Med* 2002; 30(1):232-7.
56. Boyer A, Thiery G, Lasry S, et al. Long-term mechanical ventilation with hygroscopic heat and moisture exchangers used for 48 hours: a prospective clinical, hygrometric, and bacteriologic study. *Crit Care Med* 2003;31(3):823-9.
57. Rathgeber J. Devices used to humidify respired gases. *Respir Care Clin N Am* 2006; 12(2):165-82.
58. Lelouche F, L'Her E, Abroug F, et al. Impact of humidification device on intubation rate during noninvasive ventilation with ICU ventilators: results of a multicenter randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 2014;40:211-9.





# Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Aerosol Tedavi Nasıl Yapılmalı?

Serpil Öcal

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

## GİRİŞ

Ülkemizde son dekatta yoğun bakım ünitelerinin sayısı hızla artmış, yatak sayısı ülke nüfusuna göre beklenen hedefe ulaşmıştır. Bundan sonraki çalışmalar yoğun bakım hizmet kalitesini artırmaya yönelik olmalıdır. Yoğun bakım ünitelerinde solunum yetmezliği nedeniyle yatan hastalarda noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) kullanımı yoğun bakım eğitim programı ile yaygınlaştırılmaktadır. Kritik hastalarda NİV desteği ile birlikte aerosol tedavi yoğun olarak uygulanmaktadır. İMV ya da NİV uygulanan hastalara inhalasyon yoluyla verilebilen aerosol ilaçlar bronkodilatörler, glikokortikosteroidler, sürfaktan, prostonoidler, mukolitikler ve antibiyotiklerdir. Ayrıca, ilginç olarak atropin, furosamide, heparin, terlipressin, morfin ve milrinon gibi ilaçlarında inhalasyon yoluyla kullanımı raporlanmıştır (1). Astım, kronik obstrüktif akciğer hastalıkları ve kistik fibrozis gibi havayolu hastalıklarında aerosol ilaçların kullanımı oral ya da parenteral ilaçlara göre daha avantajlıdır. Bu hastalarda aerosol ilaç kullanımıyla akciğere spesifik tedavi sağlamakta, direkt ilaç etkisi ile daha hızlı başlangıç ve daha az sistemik yan etki sağlanmaktadır. Özellikle yoğun bakımda yaygın kullandığımız  $\beta_2$ -agonist bronkodilatörlerin inhaler formu oral formlarından daha hızlı etki başlangıcı göstermektedir. Astımlı hastalarda kullanılan kromolin ve siklosenid, kistik fibrozis hastalarında dornaz- $\alpha$  gibi ilaçlar aerosol olarak sunulduklarında ilaçlar aktif olmaktadır.

NİV uygulamalarında sıklıkla bronkodilatörler ve steroidler gibi aerosol ilaçlar kullanılmasına rağmen bu konuda yapılmış az sayıda çalışma bulunduğundan optimum aerosol tedavi henüz tanımlanmamıştır (2-7). NİV uygulama sırasında aerosol ilacın akciğere geçişinin fizyolojisi İMV uygulanmasında ki aerosol ilaç geçişin fizyolojisi ile aynı değildir. NİV uygulanan hastalarda aerosol ilaçlar iki farklı yöntemle verilebilmektedir.

1. Hasta NİV'den ayrılmayı tolere ediyorsa, NİV'den ayrılarak nebülizer olarak ya da inhaler ilaç doğru inhalasyon tekniği ile kullanılmalıdır.

2. Hasta solunum yetmezliği ya da şiddetli dispne nedeniyle NİV'den ayrılmadığında aerosol tedavi bir hazne yardımıyla ölçülü doz inhaler (ÖDI) ya da nebulizerle verilebilir.

Yoğun Bakım Ünitelerinde ve Acil Servislerde yapılan çalışmalarda NİV uygulanırken yapılan aerosol tedavinin NİV'den ayrılarak yapılan aerosol tedaviden daha etkili inhalasyon sağladığı gösterilmiştir. Pollack ve ark. BiPAP cihazı ve bir nazal arayüzle NİV desteği verilen akut astımlı hastalar da nebulizerle albuterol verilmesini yalnızca nebulizerle (BiPAP uygulamadan) verilmesini karşılaştırmışlardır ve BiPAP'la aerosol ilacın verilmesiyle pik ekspiratuvar akımda daha büyük artış sağladığı raporlanmıştır (3). Furox ve ark. kistik fibrozisli çocuklarda nebulizer verilirken basınç destekli ventilasyonla 8-10 cmH<sub>2</sub>O PEEP kullanımının alt solunum yolunda aerosol depolanmasını artırdığı raporlanmıştır (4). NİV'de hazneyle ÖDI salbutamol uygulanmasının hem uygun hem de anlamlı bronkodilatasyon yaptığı gösterilmiştir (5).

Başarılı bir aerosol tedavi alt solunum yolunda yeterli ilaç depolanmasına ve akciğerde istenilen yere penetrasyonuna bağlıdır. Hem in vivo hem de in vitro çalışmalarda aerosol salınımindaki karmaşık faktörler açıklanmaya çalışılmıştır. İn vivo ve in vitro çalışmalardaki heterojenite devreler ve nemlendirme gibi faktörlerden kaynaklanabilir ya da in vitro çalışmalarda, ekspirasyon boyunca olan aerosol kayıpları hesaplanmaktadır. Bu yüzden in vitro çalışmalar in vivo olarak konfirme edilmelidir. Ayrıca, spontan soluyan hastayla İMV'ye bağlı olan hastada akciğerde aerosol depolanmasını etkileyen faktörler farklı olabilir.

NİV boyunca aerosolün akciğere sunumunu etkileyen faktörler tam olarak anlaşılma- makla birlikte multifaktöriyel olduğu düşünülmektedir. Uygulanan basıncın itici etkisinin ilaç sunumundaki yarattığı etkiden bağımsız olarak, pozitif uygulanan basınçla kollaps olmuş alveollerin açılarak tidal volümün ve fonksiyonel rezidüel kapasitenin artması, solunum sayısının azalması ve inspiratuvar akım hızını artması gibi etkilerle V/P dengesizliğini düzelterek aerosol salınımını artırmaktadır. Ne yazık ki NİV uygulanmasında ventilatör devresi, arayüz ve üst solunum yollarında aerosol ilaçlar yapışmakta ve aerosol ilacın etkinliği azalmaktadır. Ayrıca, maskede kaçak olduğunda çevreye kaçan ilaçlar hem hasta açısından hem de sağlık çalışanları açısından risk teşkil edebilir. NİV'de aerosol sunumunu etkileyen çeşitli faktörler alt başlıklar altında anlatılmıştır.

## 1. Ventilatör-İlişkili Faktörler

NİV yoğun bakım ventilatörü, bilevelventilatörler ve ev tipi ventilatörlerle uygulanabilir. Bu cihazların özellikleri hastanın akciğerine ilaç sunumunu etkilemektedir. Yoğun bakım ventilatörlerin farklı modları ve inspiratuvar akım paternleri vardır. Ayrıca, sabit FiO<sub>2</sub> sunumu sağlayabilir ve çift devre ile inspirasyon ve ekspirasyonun farklı devrelerde olması CO<sub>2</sub> yeniden solunmasını engellemektedir. Bi-level ventilatörler non-invaziv amaçlı yapılmışlardır ve inspirasyon sağlayan tek bir devre ile ekspirasyon çıkışı bulunmaktadır. Ayrıca, kaçak kompanzasyon özellikleri iyidir. Özellikle bi-level ventilatörle-

rin tek devre dizaynı ve kaçak portunun varlığı nedeniyle aerosol tedavi daha karmaşık hale gelmektedir.

Ventilatör modu akciğere aerosol sunumunu anlamlı olarak etkilemektedir. Fink ve ark. CPAP modunda ölçülü doz inhalelerin (ÖDI)'in hazneye verilmesinin kontrollü MV, yardımcı (asist) kontrollü MV, basınç destekli ventilasyondan daha iyi akciğere albuterol sunumu sağladığı, aynı tidal volüm sağlamasına rağmen akciğerde daha iyi ilaç birikimi olduğunu göstermişlerdir (6). Muhtemelen CPAP modunda üst havayolları açık kalmakta ve üst solunum yolu kollapse engellemektedir. Ayrıca, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırarak akaciğer kompliyansını düzeltmesi potansiyel olarak daha iyi ilaç dağılımı sağlamaktadır.

BiPAP ile daha yüksek inspiratuvar (iPAP) ve daha düşük ekspiratuvar (EPAP) pozitif havayolu basıncı ayarlandığında daha iyi tidal volüm sağlamak ve ventilatör devrelerine daha fazla retrograde akım oluşmaktadır. Tek devreyle BiPAP uygulanırken hasta ile kaçak portu arasında jet nebulizer yerleştirildiğinde ekspiratuvarın fazın sonunda devrede biriken aerosol konsantrasyonu ve bir sonraki inspiratuvar fazdaki aerosolün akciğere geçiş miktarını artırdığı raporlanmıştır (7). Ayrıca, yüksek iPAP aynı zamanda uzun inspiratuvar zaman yaratmakta, buda aerosol sunum zamanını artırmaktadır. Tersine olarak yüksek EPAP ekspiratuvar fazdaki akımı artırarak kaçak portundan aerosol klerensini artırmakta ve böylece akciğere olan aerosol sunumu azalmaktadır.

Ventilatör tarafından oluşturulan inspiratuvar akım hızı akciğerlere aerosol sunumunu anlamlı olarak etkilemektedir. Yüksek akım hızları türbülant akımda artışa neden olmakta ve daha güçlü itici güç yaratmaktadır. Orofarinks ve proksimal havayollarında partikül impaksiyonuna neden olmaktadır (8). NİV uygulanırken aerosol tedavi verileceği zaman daha düşük inspiratuvar akım hızlarının ayarlanması daha iyi aerosol sunumu sağlanmaktadır. Ayrıca, aerosol sunumu solunum sayısı, basınç ayarları ve solunum tetikleyici mekanizmalardan etkilenmektedir.

## 2. Devre İle İlişkili Faktörler

Havayollarındaki mukozanın kurumasını önlemek için ventilatör devresindeki hava ısıtılıp nemlendirilmektir, ancak nemlendirme aerosol ilaç kaybını artıran bir faktördür (6). İMV den farklı olarak NİV de hava burun pasajından geçerken ısıtmakta ve nemlendirilmektedir. Ancak NİV sürekli yüksek akım hızlarla uygulandığında burnun nemlendirme kapasitesi yeterli olmamaktadır. Akut solunum yetmezliği olan hastalarda optimum nemlendirme yöntemi belirsizdir. Yoğun bakımcular solunum iş yükünü azalttığı ve CO<sub>2</sub> klerensini artırdığı için ısıtıcı nemlendirici tercih etmektedir. NİV uygulanmasında ise ısı nem değiştirici önerilmemektedir.

Yoğun bakım ventilatörlerinde çift devreyle inspirasyon ve ekspirasyon akımları ayrı kollardan yapılmaktadır. Ev tipi ventilatör ya da BiPAP'ta ise inspirasyon için tek devre bulunmaktadır. Tek devre iki tiptir;

1. Ekspiratuvar valvi olanlar.
2. Kaçak tipi ekspiratuvar valvi olanlar.

Branconier ve Hess tek devreli BiPAP cihazlarında kaçak portlarının farklı pozisyonda kullanımını değerlendirmişler ve kaçak portu devre yerine maskede olduğunda daha iyi aeorosol ilaç sunulduğu tespit edilmiştir (9).

### 3. Arayüz Tipi

Yoğun bakımlarda sıklıkla oronazal maske kullanılmaktadır. Nazal, total yüz, helmet, ağızlıkve nazal yastıkçık şeklinde olan başka arayüzler de bulunmaktadır. Farklı dizayn ve boyutta çok sayıda ticari maskeyle karşılaşabilirsiniz. Nazal maske kullanımında ve kötü bağlanmış kaçağın çok olduğu oronazal maskede aerosol tedavi başarısı azalmaktadır. Özellikle ipratropium bromür kullanan hastalarda kötü bağlanmayla kaçak olduğu zaman anizokori gelişebilir.

### 4. Aerosol Tedavi İçin Kullanılan Cihazlar ve Konfigürasyonu

Yoğun bakımlarda sıklıkla aerosol tedavide bronkodilatör ilaçlar kullanılmaktadır. Aerosol ilaçlar ÖDİ, kuru toz inhaler ve nebülizer formda olabilir. NİV uygulanırken yalnızca ÖDİ ve nebülizer kullanılmaktadır. Kuru toz inhaler ilaçların etkisi nemlendirmeye azalmaktadır. Ancak hasta NİV'den ayrılmayı tolere ediyorsa doğru teknikte inspirasyon yaptırılıp kuru toz inhaler kullanılabilir.

**4.1. Nebülizer:** Temel olarak jet, ultrasonik ve mesh nebülizer olarak 3 tip nebülizer bulunmaktadır. Tek devreyle yapılan NİV uygulanırken nebülizer arayüz yani maske ile kaçak portu arasına bağlanmalıdır (10). Bununla birlikte çift devreyle yapılan NİV uygulamalarında nebülizerin optimum pozisyonu belirlenmemiştir. Nebülizerin akciğere aerosol sunumu hem cihazın teknik özelliğinden hem de hastayla ilişkili faktörlerden etkilenmektedir. Mesh nebülizer daha hafif olduğundan portable özelliği bir avantajdır. Aynı zamanda mesh nebülizer jet nebülizerle kıyaslandığında aerosol ilaç sunumunu daha çabuk ve iyi sağlamaktadır. İlave olarak jet ve ultrasonik nebülizer kullanıldığında nebülizer kap içinde aerosol depolanması oluşmakta ve böylece aerosol tedavinin etkisi azalmaktadır. Yoğun bakım için önemli olan bir diğer nokta ise kontaminasyon riski olduğu için nebülizerlerin bakımı ve temizliğine dikkat edilmelidir.

**4.2. ÖDİ:** Dünyada en yaygın kullanılan aerosol ilaç tedavi ÖDİ'dir. ÖDİ'de küçük tüplere depolanan ilaçlar itici gaz içerisinde çözünmüş olarak yani süspansiyon şeklinde bulunur. Tüp karşısındaki aktivatöre doğru itildiğinde, itici gaz atmosferik basınçta maruz kalarak genişlemekte ve ilaç aerosol hale gelmektedir. Ventilatör devresinde kullanabilmek için hazne gerekmektedir. Hazne çift devre kullanılıyorsa inspiratuvar kola yerleştirilmelidir. Kullanılan hazne tipi mekanik ventilasyon boyunca aerosol salınımını etkilemektedir. Çift yönlü haznede aerosol ilaç sunumu tekyönlü hazneden daha iyiyken, chamber tipi hazneyle ÖDİ verilmesi tek ve çift yönlü hazneden daha

etkili bulunmuştur. Chamber tipi hazne aerosol partikülü daha yavaş ve itici buharlaşma etkisi daha küçük partiküllere dönüştürmektedir. Bu fenomen ventilatör devrede ve arayüzde oluşan partikül birikmelerinden oluşan aerosol ilaç kaybı azaltılmaktadır. Aerosol bronkodilatör sunumu ekspiratuvar fazda yapılırsa akciğere giden ilaç miktarı anlamlı olarak azalmaktadır. Bu nedenle inspiratuvar fazda aktive edilmesi önemlidir.

İnhalasyon cihazında bulunan doz sayacı cihaz içinde ne kadar doz kaldığını göstermektedir, ÖDİ'de doz sayacı yoksa içindeki ilacın bitip bitmediğini uygulayan sağlık personeli anlayamamaktadır. Farklı ticari ürünlerde farklı yerlerde doz sayacı yerleştirilmiş olabilir, ancak ülkemizde kullanılan ÖDİ'de doz sayacı bulunmamaktadır. Çeşitli ticari adaptör ya da aktuatörler ventilatör devresine ÖDİ bağlamak için kullanılabilir.

## 5. İlaç İle İlgili Faktörler

İdeal olarak ÖDİ ve nebülizörde aerosol ilaç partikül boyutu 1-5 µm boyutunda olmalıdır. Daha küçük boyutlu olanlar akciğere ulaşmadan muhtemelen hemen ekshale edilecektir. Daha büyük partiküller NİV boyunca ventilatör devresinde, arayüzde ve proximal havayollarında birikecektir. Ayrıca, ilaç sunumu ilacın dozundan ve formülasyonundan da etkilenmektedir.

## 6. Hasta İle İlgili Faktörler

NİV boyunca oluşan tidal volüm akciğerin ve göğüs duvarının kompliyansına ve havayolu rezistansına bağlı olarak hastadan hastaya değişmektedir. Yani akciğer kompliyansı iyi ve alt havayolu rezistansı düşük olduğunda aerosol ilaçlar akciğerlere daha iyi ulaşmaktadır. Aerosol ilaç tedavisi hastanın pozisyonu, şiddetli havayolu hastalığı, mukus varlığı, inflamasyon ve diğer ilaçların kullanımıninkarşı düzenleyici etki ve bireysel hasta yanıtından etkilenmektedir. Aerosol ilaçların verilmesi için en iyi pozisyon otururken, ancak kritik hastada en azından baş açısı 30° olmalıdır.

## Veriliş Tekniği

NİV boyunca bronkodilatör tedavinin başarılı olabilmesi için veriliş tekniği önemlidir. Bu teknik doğru uygulandığında yeterli akciğer depolanması sağlanmakta ve anlamlı bronkodilatör tedavi sağlanmaktadır.

NİV uygulanmasında ÖDİ verilmesi için optimal teknik:

1. Hastanın ilaç istemi kontrol edilmeli ve bronkodilatör ihtiyacı var mı gözden geçirilmeli.
2. Maske ve devreden kaçak minimize edilmeli.
3. ÖDİ çalkalanmalı ve el ısısına ulaşana kadar ısıtılmalı.
4. Doz sayacının bulunup bulunmadığını kontrol edilmeli.

5. ÖDİ chamber hazne ile yerleştirilmeli.
  - a. Çift devreli ise inspiratuvar kola Y konnektör yanına
  - b. Tek devreli ise kaçak portu ile maske arasına
6. İspirasyonun başında ÖDİ aktive edilir yani sıkılır.
7. En az 15 saniye beklenir.
8. Sonra chamber hazneyle ÖDİ kaldırılmalı.
9. Yan etki kontrol edilmeli.

### **NİV uygulanmasında nebülizer ile ilaç sunumunun optimal teknikle verilmesi:**

1. Hastanın ilaç istemi kontrol edilmeli ve bronkodilatör ihtiyacı var mı gözden geçirilmeli.
2. Maske ve devreden kaçak minimize edilmeli.
3. Mesh ya da jet nebülizer yerleştirilmeli.
  - a. Çift devreli ise inspiratuvar kola Y konnektör yanına
  - b. Tek devreli ise kaçak portu ile maske arasına
4. Önerilen ilaç volümünebulizere yerleştirilir.
5. Nebülizere giden gaz volümü genelde firmanın önerdiği şekilde 2-10 L/dakika olarak ayarlanmaktadır.
6. Nebülizerde çıtırtı duyulunca kapatılır.
7. Nebülizer devreden kaldırılır steril su ile temizlenip kurutulur.
8. Yan etki kontrol edilir.

### **Sonuç**

NİV uygulamalarında aerosol ilaçlar yaygın kullanılmasına rağmen en iyi teknik bilinmemektedir. Son yıllarda bench modellerle yapılan laboratuvar ve in vitro çalışmalarda bazı kriterler tanımlanmıştır. Ancak NİV uygulanan hastada yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Aydınlatılmamış çok yönü olmasına rağmen NİV uygulamada inhaler tedavi etkili bir yöntemdir.

#### **KAYNAKLAR**

1. Ehrmann S, Roche-Campo F, Sferrazza Papa GF, et al. Aerosol therapy during mechanical ventilation: an international survey. *Intensive Care Med.* 2013;39(6):1048-56.
2. Myrna B. Dolovich, Richard C. Ahrens, et al. Device selection and outcomes of aerosol therapy: Evidence-based guidelines: American College of Chest Physicians/American College of Asthma, Allergy, and Immunology. *Chest* 2005;127(1):335-71.

3. Pollack CV Jr, Fleisch KB, Dowsey K. Treatment of acute bronchospasm with beta-adrenergic agonist aerosols delivered by a nasal bilevel positive airway pressure circuit. *Ann Emerg Med* 1995;26(5):552-7.
4. Fauroux B, Itti E, Pigeot J, Isabey D, et al. Optimazation of aerosol deposition by pressure support in children with cystic fibrosis: an experimental and clinical study. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162 (6): 2265-71.
5. Nava S, Karakurt S, Rampulla C, et al. Salbutamol delivery during non-invasive mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled study. *Intensive Care Med* 2001;1627-1635.
6. Fink JB, Dhand R, Duarte AG, et al. Aerosol delivery from a metered-dose inhalation during mechanical ventilation. An in vitro model. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 382-7.
7. Calvert LD, Jackson JM, White JM, et al. Enhanced delivery of nebulized salbutamol during non-invasive ventilation. *J of Pharmacy and Pharmacology* 2006; 58 (11): 1553-7.
8. Dolovich M. Influence of inspiratory flow rate, particle size, and airway caliber on aerosolized drug delivery to the lung. *Respir Care* 2000;45:597-608.
9. Branconier MP, Hess DR. Albuterol delivery during noninvasive ventilation. *Respiratory Care* 2005; 50 (12): 1649-1653.
10. Chatmongkolchart S, Schettino GP, Dilman C, et al. In vitro evaluation of aerosol bronchodilator delivery during noninvasive positive pressure ventilation: effect of ventilator settings and nebulizer position. *Crit Care Med* 2002;30: 2515-2519.





# Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Nütrisyon Desteği Ne Zaman, Nasıl ve Kime Yapılmalı?

Nazlıhan Boyacı

*Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Yoğun Bakım Ünitesi, Erzurum*

## GİRİŞ

Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), kronik solunum yetmezliğine sebep olan akciğer hastalıkları arasında en sık karşılaşılan akciğer hastalığı olup eşlik eden malnütrisyon varlığı kötü prognostik faktör olarak tanımlanmıştır (1,2). KOAH hastalarında malnütrisyon sıklığı %25-40 arasında değişmekle beraber bu hastalarda malnütrisyon varlığı uzamış hastane yatış süresi ile ilişkili bulunmuştur (3,4). Kilo değişim prevalansının ve prognostik öneminin KOAH'lı hastalarda araştırıldığı Copenhag Şehri Kalp çalışmasında kilo kaybının artmış mortalite ile ilişkisi tespit edilmiştir (5). KOAH hastalarında malnütrisyonun tanımlanması kadar tedavisinin de gerekliliği yakın zamanlı yapılan derleme ve meta analizler ile de gösterilmiştir (6,7). Collins ve ark. yaptığı son meta-analizde nütrisyon desteği ile solunum fonksiyonlarında anlamlı bir değişiklik olmazken inspiratuvar ve eskpiratuvar kas gücünde ve el sıkma gücünde artış ile birlikte anlamlı kilo artışı saptanmıştır (7). Her ne kadar meta-analiz olarak yaşam kalitesindeki artışı göstermek mümkün değil iken yapılan birkaç çalışmada hem yaşam kalitesinde hem de egzersiz kapasitesinde artış gösterilmiştir (7). Yapılan çalışmalar sıklıkla kronik dönemdeki KOAH'lı hastaları kapsamakla beraber bu bölümde KOAH'lı hastaların hem akut atakları esnasında hem de stabil dönemleri esnasında uygulanan noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) tedavisi sürecinde beslenme desteğinin nasıl yapılması gerektiği konusu gözden geçirilecektir.

## Kronik Akciğer Hastalıklarında Malnütrisyon Gelişimi

Kronik akciğer hastalıkları ile malnütrisyon ilişkisi günümüzde oldukça iyi tanımlanmış olup kaşeksinin etyolojisi multifaktöriyeldir. Doku hipoksisi, yaşlanma, iştah azalması, istirahat metabolik hızında artma, kronik inflamasyon ve endojen anabolik mekaniz-

maların yetersiz kalması gibi pek çok faktöre bağlı olabilir (8-10). Bu hastalıkların akut ataklarında beslenme ihtiyacının artması ve artan ihtiyacının atak döneminde karşılanamaması kadar kronik dönemde kullanılan ilaçlara bağlı olarak da hastaların beslenmesinde ciddi eksiklikler meydana gelebilir ve özellikle steroid kullanımına bağlı olarak kas kütle kaybında artış gelişebilir (3,10-12). NİV uygulamasının bu hasta grubunda artmış beslenme düzeyi ile ilişkisi gösterilmiş olsa da uygulama sıklığına bağlı olarak gıda alımına karşı fiziksel bir bariyer oluşturabileceği gibi, klinisyenin özellikle akut atak esnasında bu hasta grubunda oral yolla beslenmenin bir takım hava yolu komplikasyonlarına sebep olabileceği konusundaki endişelerinden kaynaklanan bir bariyer oluşturabileceği de akılda tutulmalıdır (13-15). Budewesier ve ark. yaptığı çalışmada kaşektik KOAH hastalarında kronik dönem NİV uygulaması ile kilo alımının gösterilmesi, solunum iş yükünün azalmasına bağlı olabileceği gibi solunumsal asidozun düzeltilerek protein katabolizması üzerindeki olumsuz etkisinin ortadan kaldırılması ile ilişkili olabilir (3,13). Akut ataklardaki sistemik inflamatuvar yanıtın sebep olacağı artmış katabolizmanın NİV uygulaması ile akut atak sıklığının azaltılması ilişkili olabilir (3,13). Akut ataktaki KOAH hastalarında yapılan çalışmalar sınırlı olmakla beraber Reeves ve ark. yaptığı çalışmada NİV uygulama süresinin artışı ve akut atak ile hastane yatışı öncesinde bu hastalarda oral alım azlığı gösterilmiştir (16). Kogo ve ark. yaptığı retrospektif analizde ise NİV uygulanan ve enteral beslenme alan hastalarda artmış hava yolu problemi bildirilmiştir (17).

## **Kronik Akciğer Hastalıklarında Malnütrisyonun Değerlendirilmesi**

Malnütrisyonun kronik akciğer hastalıklarında artmış mortalite riski ile ilişkili olması nedeniyle hastaların malnütrisyon açısından değerlendirilmesi ve uygun beslenme desteği başlanması gerekmektedir (3). Bu amaçla hastalarda tarama amaçlı en sık kullanılanlar; düşük vücut kitle indeksi (VKİ < 20), üç ay içerisinde istemsiz %5'lik bir kilo kaybı ya da 6 aydan uzun sürede %10'luk bir kilo kaybıdır (18-20). Son zamanda yapılan çalışmalar ile yağsız kütle indeksinin (FFM) (erkekler için < 16 kg/m<sup>2</sup>, kadınlar için < 15 kg/m<sup>2</sup>) KOAH'lı hastalarda mortalite için bağımsız bir risk faktörü olduğu gösterilmiştir (21). Bolton ve ark. yaptığı çalışmada ise yağsız kütle indeksinin BMI göre daha sensitif bulunması sebebiyle FFM KOAH'lı hastalarda malnütrisyonun değerlendirilmesinde en sensitif araç olarak değerlendirilmektedir (22,23).

## **Kronik Akciğer Hastalıklarında Nütrisyon Desteği**

KOAH'lı hastaların enteral nütrisyondan fayda görebileceğine dair veriler sınırlı olmakla beraber malnütrisyonu olan ya da artmış riski saptanan kişilerde tercih edilen beslenme desteği; oral nütrisyondur (3,4). Günümüz verileri ışığında KOAH hastalarında barsak fonksiyonlarının bozulduğuna dair bir kanıt olmaması sebebiyle enteral beslenme; paranteral beslenmeye göre daha ucuz olmasının yanında daha az komplikasyon-

la ilişkili olması sebebiyle tercih edilmesi gereken yoldur (22). Protein ve enerji içeriği yüksek gıdalar tercih edilmeli ve ciddi nefes darlığına bağlı çığneme eforu daha az olan hastalar için besin öğelerinin daha yumuşak kıvamlı olması sağlanabilir (3). Hedef hesaplanan beslenme desteğinin karşılanması ve kilo kaybının engellenmesi olmalıdır (4). Protein ve enerji içeriği yüksek sıvı bazlı oral beslenme solüsyonları bu hastalarda oral alımı desteklemek için bölünmüş dozlarda kullanılabilir (3,14). Hesaplanan beslenme hedefinin %75'inden fazlasını oral olarak alamayan kronik dönemde stabil KOAH hastalarında ise bir dönem tüp ile enteral beslenme desteğine geçilebilir (15). Ventilasyon gereken hastalarda oksijen tüketimini optimize ederek CO<sub>2</sub> üretimini minimuma indirmek için düşük karbonhidratlı yüksek yağ içerikli gıdalar uzun süre tavsiye edilmiştir (4). Yakın zamanlı yapılan çalışmalar ile bu uygulamanın kanıtlanmış üstünlüğü olmadığı gibi aşırı beslemenin oksidasyon gereken substratların artışına bağlı artmış solunum iş yüküne sebep olabileceği gibi gastrik boşalmanın gecikmesine yol açarak solunum mekaniklerinde bozulmaya da yol açabileceği bildirilmiştir (4). Vermeeren ve ark. yaptığı bir çalışmada ise karbonhidrattan zengin sıvı gıdalar ile hastaların daha az dispne tarif ettikleri saptanmıştır (24). Bu sebeple enteral beslenmede makronütrientlerin içeriğini değiştirmek yerine olabildiğince sık ve azar beslenme yoluna gidilerek hem hedeflenen doza ulaşılması hem de olası komplikasyonları minimuma indirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır (4,14). Singer ve ark. yaptığı çalışmada, yağ asit içeriği değiştirilerek zenginleştirilmiş enteral ürünlerle beslenmenin oksijenizasyonda iyileşme ile birlikte mekanik ventilasyon süresinde ve 28 günlük mortalitede azalma tespit edilmiş olmakla beraber bu sonuçlarının KOAH hastalarına genellenebilmesi şu an için pek mümkün gözükmemektedir (25). Mevcut çalışmalar ışığında uzun dönem enteral nütrisyonun KOAH'lı hastalarda hastalık progresyonu ya da mortalite üzerine olumlu etkisi henüz gösterilememiştir (4). Enteral beslenmeyi tolere edemeyen hastalarda parenteral beslenmenin faydalı olabileceğine dair veriler oldukça sınırlıdır (22). Parenteral nütrisyonun egzersiz ve anabolik farmakoterapi ile uygulanması; beslenme durumunu ve fonksiyonlarını arttırabileceği önerilebilir (22). Glukoz bazlı parenteral nütrisyon, stabil KOAH hastalarında solunumsal CO<sub>2</sub> yükünde artışa yol açabilse de özel lipid bazlı parenteral nütrisyonun kullanımını önerecek düzeyde yeterli kanıt bulunmamaktadır (22).

NİV uygulaması altında beslenme desteğini konusunda mevcut çalışmalar çoğunlukla stabil dönem KOAH hastalarında yapılmış olup, akut atak döneminde NİV uygulaması esnasında beslenme desteği hakkında yeterli sayıda çalışma bulunmaktadır. İnvaziv mekanik ventilasyon uygulanan kritik hastalarda erken enteral nütrisyonun, mekanik ventilatörde ve hastane kalış süresinde azalma ile ilişkisi gösterilmiş olmakla beraber akut atak döneminde NİV uygulaması yapılan kronik akciğer hastalıklarında bu etki henüz tam anlamıyla araştırılmış değildir (17,26).

NİV ile pek çok komplikasyonun olması özellikle hava yolu ile ilişkili kusma, artmış balgam, hava yolu tıkaçı ve atelettazi gibi komplikasyonların NİV esnasında enteral

beslenme ile artış gösterebileceği endişesi de söz konusudur (17). Kogo ve ark. yapmış olduğu retrospektif analizde akut atak nedeniyle NİV desteği başlanan hastalarda oral alım azlığı nedeniyle enteral destek alan ve almayanlar karşılaştırıldığında mukus plağı, aspirasyon pnömonisi ve kusma gibi hava yolu komplikasyonları enteral beslenen grupta istatistiksel olarak anlamlı yüksek saptanmıştır (17). Yine iki grup incelendiğinde enteral beslenme alan grupta; NİV uygulama süresi ve hastane kalış süresi açısından anlamlı yükseklik saptanırken NİV başarısızlığı ya da hastane mortalitesi açısından anlamlı fark saptanmamıştır (17). Bu açıdan değerlendirildiğinde akut atak nedeniyle NİV uygulanan hastalarda oral beslenme için hastanın hava yolu açıklığını yeterli koruyabileceğinden emin olunmalıdır. Akut solunum sıkıntısına bağlı olarak bilinç seviyesinde dalgalanmaların daha sık olabileceği geriyatrik hasta grubunda eş zamanlı öksürük refleksinin yeterli olup olmadığından da aspirasyon riskini en aza indirmek için emin olunmalıdır. Hastanın kullandığı ilaçlara ya da diyabetes mellitus gibi altta yatan hastalığına bağlı eşlik edebilecek bir barsak motilite bozukluğu ya da NİV efektif yapılamamasına bağlı zaman içinde gelişebilecek bir abdominal distansiyon açısından da hastalar dikkatli incelenmelidir. Tüm bu olası komplikasyonlar göz önüne alınarak akut atak döneminde NİV uygulaması yapılan hastalarda dikkatli bir seçim ile Enteral nütisyon desteği uygulanabilir. Bu açıdan klinisyenler için hazırlanmış kanıt düzeyi güçlü bir rehber olmamakla beraber Agency for Clinical Innovation grubunun yoğun bakım pratiği için hazırlanmış olduğu rehberde akut atağa bağlı NİV uygulanan hastalarda ise NİV uygulama sıklığı; oral alıma izin verecek ölçüde aralıklı ise oral beslenme başlanmalı ve devam edilmeli şeklinde önerilmektedir. Eğer bilinç seviyesinde düşme ve solunum iş yükünde artış varsa oral alıma ara verilmesi ve iv sıvılar ile hastanın desteklenmesi gerekebilir (27). Bu süreçte hastaların sıvı alımının ve günlük elektrolit düzeylerinin yakın takip edilmesi, oral alım için NİV desteğinden ayrılmayı tolere edemeyen hastalarda ise ventilasyon desteğinde eskelasyona gidilmesi önerilmektedir. NİV desteği 24 saati geçen hastalarda diyetisyen konsültasyonu istenerek beslenme desteği gözden geçirilmesi gerekmektedir (27).

## Sonuç

NİV desteği gereken akciğer hastalıklarında malnütisyon oldukça sık karşılaşılan ve prognozu olumsuz etkileyen bir durumdur. Bu sebeple malnütisyonu olan ya da malnütisyon açısından artmış riski bulunan hastaların tespiti ve tedavisi uzun dönem sonuçlar açısından önem arz etmektedir. Mevcut çalışmalar ışığında şu an için üstünlüğü gösterilmiş içeriği değiştirilmiş ya da zenginleştirilmiş bir oral beslenme formülü bulunmamakla beraber protein ve enerji içeriği yüksek sıvı bazlı oral beslenme desteklenmelidir. Kronik dönemde stabil KOAH hastalarında oral yolla beslenmenin sağlanamadığı durumlarda tüple enteral beslenme düşünülmelidir. Akut atağa bağlı NİV uygulanan hastalarda ise NİV uygulama sıklığı; oral beslenmeye izin verecek ölçüde aralıklı ise oral beslenme başlanmalı ve devam edilmelidir. Eğer bilinç seviyesinde düşme ve solunum iş yükünde artış varsa oral alıma ara verilmeli ve İV dekstroz ile sebral glikoz desteği

sağlanmalıdır. Akut atağa bağlı NİV uygulanan hastalarda enteral beslenmeye devam ediliyorsa olası komplikasyonlar açısından dikkatli olunmalı ve hastalar bu açıdan yakın monitörize edilmelidir.

#### KAYNAKLAR

1. Pison CM, Cano NJ, Chérion C, et al. Multimodal nutritional rehabilitation improves clinical outcomes of malnourished patients with chronic respiratory failure: a randomised controlled trial. *Thorax* 2011;66(11):953-60.
2. Cano NJ, Pichard C, Court-Fortune I, et al. Survival of patients with chronic respiratory failure on long-term oxygen therapy and/or non-invasive ventilation at home. *Clin Nutr* 2015;34(4):739-44.
3. Esquinas MA. *Noninvasive Mechanical Ventilation*. Switzerland: Springer;2016:203-208.
4. Anker SD, John M, Pedersen PU, et al. ESPEN guidelines on Enteral nutrition: cardiology and pulmonology. *Clin Nutr* 2006;25(2):311-8.
5. Prescott E, Almdal T, Mikkelsen KL, et al. Prognostic value of weight change in chronic obstructive pulmonary disease: results from the Copenhagen City Heart Study. *Eur Respir J* 2002; 20:539-44.
6. Collins P, Stratton R, Elia M. Nutritional support in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2012;95:1385-95.
7. Collins P, Elia M, Stratton R. Nutritional support and functional capacity in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Respirology* 2013;18(4):616-29.
8. Congleton J. The pulmonary cachexia syndrome: aspects of energy balance. *Proc Nutr Soc* 1999;58:321-8.
9. Farber MO, Mannix ET. Tissue wasting in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Neurol Clin* 2000;18:245-62.
10. Schols AM, Wouters EF. Nutritional abnormalities and supplementation in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 2000;21:753-62.
11. Saudny-Unterberger H, Martin JG, Gray-Donald K. Impact of nutritional support on functional status during an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:794-9.
12. Koerts-de Lang E, Schols AM, Rooyackers OE, et al. Different effects of corticosteroid-induced muscle wasting compared with undernutrition on rat diaphragm energy metabolism. *Eur J Appl Physiol* 2000;82:493-8.
13. Budweiser S, Heinemann F, Meyer K, et al. Weight gain in cachectic COPD patients receiving noninvasive positive-pressure ventilation. *Respir Care* 2006;51(2):126-32.
14. Broekhuizen R, Creutzberg EC, Weling-Scheepers CA, et al. Optimizing oral nutritional drink supplementation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Br J Nutr* 2005; 93(6): 965-71.
15. Whittaker JS, Ryan CF, Buckley PA, et al. The effects of refeeding on peripheral and respiratory muscle function in malnourished chronic obstructive pulmonary disease patients. *Am Rev Respir Dis* 1990;142:283-8.
16. Reeves A, White H, Sosnowski K, et al. Energy and protein intakes of hospitalised patients with acute respiratory failure receiving non-invasive ventilation. *Clin Nutr* 2014;33(6):1068-73.

17. Kogo M, Nagata T, Morimoto T, et al. Enteral Nutrition Is a Risk Factor for Airway Complications in Subjects Undergoing Noninvasive Ventilation for Acute Respiratory Failure. *Respir Care* 2017;62(4):459-467.
18. A, Ferreira I, Franssen F, et al. Nutritional assessment and therapy in COPD: Metabolism and nutrition: shifting paradigms in COPD management. *Eur Respir J* 2014;44(6):1504-20.
19. Vermeeren MA, Creutzberg EC, Schols AM, et al. Prevalence of nutritional depletion in a large out-patient population of patients with COPD. *Respir Med* 2006;100(8):1349-55.
20. Cano NJ, Roth H, Court-Ortune I, et al. Nutritional depletion in patients on long-term oxygen therapy and/or home mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2002;20:30-7.
21. Vestbo J, Prescott E, Almdal T, et al. Body mass, fat-free body mass, and prognosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease from a random population sample: findings from the Copenhagen City Heart Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173(1):79-83.
22. Anker SD, Laviano A, Filippatos G, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: on cardiology and pneumology. *Clin Nutr* 2009;28(4):455-60.
23. Bolton CE, Ionescu AA, Edwards PH, et al. Associated loss of fat-free mass and bone mineral density in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;170(12):1286-93.
24. Vermeeren MAP, Wouters EFM, Nelissen LH, et al. Acute effects of different nutritional supplements on symptoms and functional capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 2001;73:295-301.
25. Singer P, Theilla M, Fisher M, et al. Benefit of an enteral diet enriched with eicosapentaenoic acid and gamma-linoleic acid in ventilated patients with acute lung injury. *Crit Care Med* 2006;34(4):1033-8.
26. McClave SA, Martindale RG, Vanek VW, et al. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.). *JPEN* 2009;33(3):277-316.
27. Agency for Clinical Innovation. IC Manual best practice guidelines for intensive care: Non-invasive Ventilation Guidelines for Adult Patients with Acute Respiratory Failure [SHPN (ACI) 140008]. Year for review 2017. [www.aci.health.nsw.gov.au/networks/intensive-care/intensive-care-manual/statewide-guidelines/non-invasive-ventilation-guidelines26](http://www.aci.health.nsw.gov.au/networks/intensive-care/intensive-care-manual/statewide-guidelines/non-invasive-ventilation-guidelines26).

# Tamamlayıcı Göğüs Fizyoterapi Noninvaziv Başarısını Artırır Mı?

Dicle Kaymaz

*Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Kronik Solunum Yetmezliği Kliniği, Ankara*

## GİRİŞ

Noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) hem entübasyonu engelleme hem de entübasyona ait komplikasyonlardan kaçınmak için yoğun bakımlarda ve genel hasta kliniklerinde kullanımı gittikçe artan bir solunum desteği yöntemidir (1,2). NİV başarısızlığı;

1. NİV başlandıktan genellikle bir-üç saat içinde hastanın klinik parametrelerinde ve kan gazı değerlerinde iyileşme olmaması sonucunda entübasyon gerekmesi,
2. NİV başlanan hastada, hastanede kalınan süre boyunca klinik kötüleşme ve bunu takiben entübasyon gerekmesi,
3. Ölüm olarak tanımlanmaktadır.

NİV başarısızlığı acil (< 1 saat), erken (1-48 saat), geç (> 48 saat) dönem olarak üç periyoda ayrılabilir. Başarısızlığın %15'i acil, %68'i erken, %17'si geç dönemde meydana gelmektedir. Acil durumda NİV başarısızlığına en fazla katkıda bulunan durum zayıf öksürük refleksi ve /veya artmış sekresyonlardır (3).

Çeşitli teknikler içeren göğüs fizyoterapisi bronşial sekresyonları uzaklaştırmayı amaçlar. NİV başarısızlığında, solunum yetmezliğinin tipinden bağımsız olarak enfeksiyonlara bağlı aşırı sekresyon üretimi ve/veya hastanın yetersiz öksürük yetisi nedeniyle artmış bronşial sekresyonlar önemli bir risk faktörüdür. Göğüs fizyoterapi teknikleri NİV başarısızlığını önlemede kullanılacak bir strateji oluşturmaktadır.

Bellone ve ark. NİV kullanan KOAH'lı hastalarda yaptıkları randomize kontrollü çalışmalarında PEP (Pozitif ekspiratuvar basınç) maskesi ve yardımcı öksürme yöntemi uyguladıkları hastalar ile sadece yardımcı öksürme yöntemi uyguladıkları hastaları karşılaştırmışlar ve PEP maskesi kullanılan grupta tedavi sonrası çıkarılan balgam miktarı daha fazla ve NİV kullanım süresi daha kısa saptanmıştır. İki grup arasında NİV başarısızlığı arasında fark saptanmamıştır (4). Aktif Solunum Tekniği Döngüsü (ASTD) ise, manuel teknik uygulanmaksızın yapılabilen ve akciğer fonksiyonlarında olumsuz sonuçlara yol açılmaksızın, sekresyon atılımında etkin tedavi sağlayabilen standart solunum fizyoterapisi tekniğidir (5). Solunum kontrolü torasik ekspansiyon egzersizleri, öksürme ve zorlu ekspirasyon tekniği olmak üzere üç komponentten oluşur. Bu tekniğin kullanıldığı bir başka çalışmada ise akut hiperkapnik solunum yetmezliğindeki hastalar iki gruba ayrılarak çalışma grubu ASTD ile birlikte NİV, kontrol grubu ise sadece NİV tedavisi almışlar ve ASTD uygulanan çalışma grubunun toplam ventilasyon süresinin daha kısa olduğu, NİV ihtiyacının daha az gün gerektiği görülmüş fakat yoğun bakımda kalış süreleri arasında iki grup arasında fark saptanmamıştır (6).

Hastaya uygulanacak göğüs fizyoterapi tekniklerinin belirlenmesinde hastanın yaşı, hastalığın şiddeti, tekniğin kullanım kolaylığı ve uygulama zamanı ve hastanın NİV'e bağımlılık düzeyi önemlidir. Göğüs fizyoterapisinin amacı global ve /veya rejyonel ventilasyonu, akciğer kompliyansını iyileştirmek, havayolu rezistansını ve solunum iş yükünü azaltmak ve hava yolu sekresyonlarını temizlemektir.

## Hava Yolu Temizleme Teknikleri

**1. Manuel Teknikler:** Peküsyon, vibrasyon ve shaking: Mekanik enerjinin göğüs duvarına uygulanması ile sekresyonların mobilizasyonunu sağlar. Göğüs perküsyonu toraksa 3-6 Hz frekansında uygun biçimde şekillendirilmiş el ile ritmik olarak uygulanır. Uygulandığı segmentin altındaki havayollarında türbülans, kompresyon ve vibrasyona neden olur. İki elin göğüs duvarının üzerine yerleştirilip, hızlı ve devamlı 40 Hz'in üzerinde ritmik olarak hafif kompresyon ve ossilasyon uygulanması manuel vibrasyon, derin kompresyon ve ossilasyon uygulanmasında shakingdir (7).Vibrasyon ve shaking, perküsyona göre daha hafif uygulamalardır ve yalnızca solunumun ekspirasyon fazında yapılırlar. Perküsyon, sekresyonların mobilize edilmesi, vibrasyon ve shaking ise, sekresyonların ekspirasyon sırasında santral havayollarına hareketinin sağlanması amacıyla kullanılır (8). Manuel tekniklerden sonra istemli veya yardımcı öksürme ile huffing veya aspirasyon ile bronşiyal sekresyonlar uzaklaştırılabilir.

**2. Öksürük:** Öksürüğün üç fazı vardır. Derin ve hızlı bir inspirasyonla başlar ve ikinci fazda glottis kapanır. Torasik ve abdominal ekspiratuvar kaslar kasılarak intratorasik basınç artar, glottis aniden açılır ve ekspülsiyon fazında yüksek intratorasik basınçta hava yollarından hava patlayıcı bir şekilde atılır. Bu üç fazın herhangi birindeki değişiklik, direkt olarak pik öksürük akım hızını etkiler.



Pik öksürük akım hızı hastada derin inspirasyondan sonra zorlayarak öksürtülmesi sonucu oluşan akım hızının bir yüz maskesi veya ağızlık eklenmiş pik akım ölçer (peak flowmeter) ile ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Bu akım hızı 160 L/dakika az olanlarda etkin olmayan öksürük olduğu kabul edilmektedir (9) ve NİV başarısızlığı öngörülebilir. Akım hızı 160-270 L/dakika arasında ise komplikasyon riski orta derecedir. Öksürüğün etkin olmadığı durumlarda bronşial hijyen için farklı stratejiler tanımlanabilir. Yardımlı öksürme yöntemleri manuel, mekanik ve fonksiyonel elektriksel stimülasyon kullanılarak uygulanabilir. NİV kullanan hastalarda sadece manuel ve mekanik yardımcı öksürme yöntemleri uygulanabilmektedir.

Manuel yardımcı öksürme, zorlu ekspirasyon sırasında her iki el ile göğüs kafesine veya epigastrik bölgeye eksternal manuel basınç uygulanmasıdır. Bu teknik öksürüğün akım hızını artırır (10). Abdominal kompresyon intraabdominal basınç artışı sağlayarak diyafragmanın hareketi ile torasik basınca yansır ve ekspirasyon akım hızı artırılıp sekresyonların trakeaya hareketinin sağlanması amaçlanır.

Mekanik yardımcı öksürme de ise öksürük öksürük makinesi (Cough Assist) ile facilitate edilebilir. Öksürük makinesi insuflasyon ile akciğerlerde inspirasyon süresince pozitif basınç oluşturarak inspiratuvar volumü artırır ve torasik ekspansiyon gözlenir, eksuflasyon ile negatif basınç oluşturur. Basınçlar arasındaki ani geçiş öksürüğü taklit eder. Bu sistem mekanik insuflasyon-exsuflasyon olarak da bilinir. Maske veya ağızlık ile uygulanabilir. Hastada aktif kanama var ise kontrendikedir. Bu tekniğin komplikasyonları ise barotravmaya bağlı pnömotoraks, aerofaji ve abdominal distansiyondur.

Intrapulmoner perküsif ventilasyon (IPV): İnhalasyon tedavisi ve toraks içinde perküsifon uygulaması ile etkisini göstermektedir. Dakikada 100-225 Hz'lik frekansla solunum yollarında küçük basınç patlamaları ile havayolu temizliğini sağlar. Bu tekniğin uygulanması sırasında hastanın kooperasyonu önemli olup NİV'den ayrılacaktır. IPV helmetle birlikte kullanılabilir (11). Hafif dereceli akut respiratuvar asidozu olan KOAH akut ataktaki hastalarda standart tedavi ile IPV uygulaması karşılaştırılmış ve IPV uygulanan grupta 30 dakika IPV uygulandıktan sonra hastaların solunum sayısı ve PaCO<sub>2</sub> düzeyi azalmış, PaO<sub>2</sub> düzeyi ise artmıştır. Yine IPV uygulanan grupta hastanede kalınan gün sayısı ve atağı kötüleşip NİV gereken hasta sayısı daha az olmuştur (12).

## Sonuç

Göğüs fizyoterapisi ve NİV ile ilgili sınırlı sayıda çalışmaları bu alanda daha çok çalışma ve yoruma ihtiyaç olduğunu ortaya çıkartmaktadır.

**KAYNAKLAR**

1. Babu KS, Chauhan AJ. Non-invasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease. Effectiveness in exacerbations with hypercapnic respiratory failure. *BMJ* 2003;326:177-8.
2. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002;57:192-211.
3. Ozyilmaz E, Ugurlu AO, Nava S. Timing of noninvasive ventilation failure: causes, risk factors, and potential remedies. *BMC Pulm Med* 2014;14:19.
4. 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 non-invasive positive pressure ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:581-5.
5. Savcı S, İnce D. Stabil bronşektazili hastalarda farklı göğüs fizyoterapisi uygulamalarının etkinliği. *Solum Hastalıkları* 2001;12:118-22.
6. İnal İD, Savcı S, Topeli A, Arikan H. Active cycle of breathing techniques in non-invasive ventilation for acute hypercapnic respiratory failure. *Aust J Physiother* 2004;50(2):67-73.
7. Van der Schans CP, Postma DS, Koeter GH, Rubin BK. Physiotherapy and bronchial mucus transport. *Eur Respir J* 1999;13:1477-86.
8. Savcı S. Yoğun bakım ünitesinde göğüs fizyoterapisi. *Yoğun Bakım Dergisi* 2001;1:33-40
9. Sancho J, Servera E, Diaz J, Marin J. Comparison of peak cough flows measured by pneumotachograph and a portable peak flowmeter. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83: 608-12.
10. Bach JR. Mechanical insufflation-exsufflation. Comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques. *Chest* 1993;104:1553-62.
11. Antonaglia V, Lucangelo U, Zin WA, et al. Intrapulmonary percussive ventilation improves the outcome of patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease using a helmet. *Crit Care Med.* 2006;34:2940-5.
12. Vargas F, Bui HN, Boyer A, Salmi RL. Intrapulmonary percussive ventilation in acute exacerbations of COPD patients with mild respiratory acidosis: a randomized controlled trial [ISRCTN17802078] *Crit Care* 2005; 9(4): R382-R389

# Noninvasive Neurally Adjusted Ventilatory Assist (NAVA)

Fatma Çiftçi, Akın Kaya

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara

## GİRİŞ

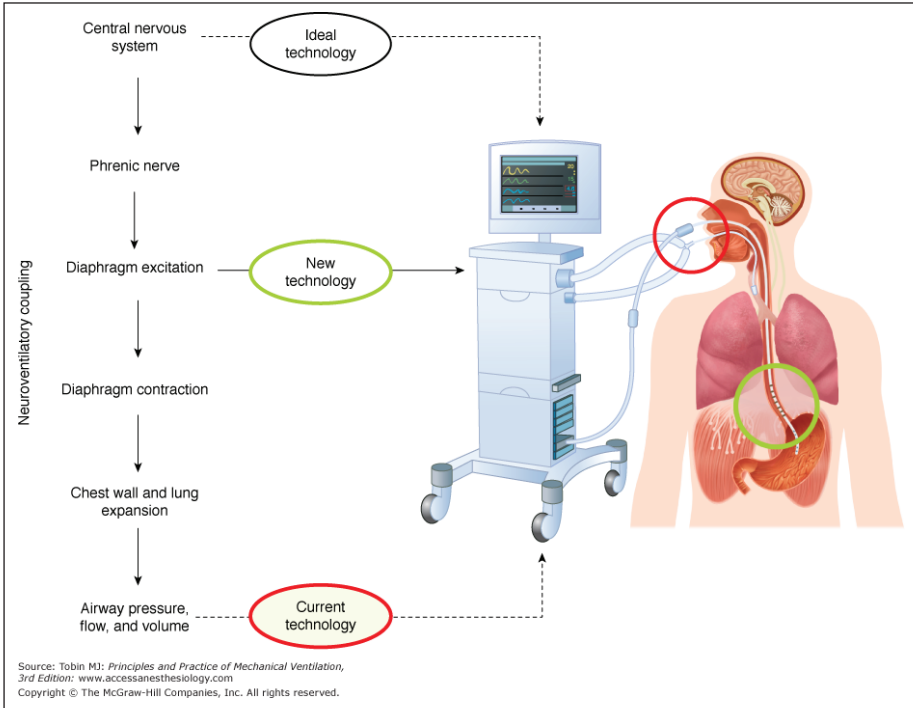
Konvansiyonel pozitif basınçlı destek modlarıyla karşılaştırıldığında neurally adjusted ventilatory assist (NAVA)'nın hasta-ventilatör uyumunu arttırdığı ve yeterli inspiratuvar çabayı ve gaz değişimini sağlarken gerekenden fazla basınç desteğini azalttığı gösterilmiştir. Ayrıca, hayvan araştırmalarına dayanarak ventilatör ilişkili akciğer hasarı riskini önleme potansiyeli vurgulanmıştır. Sürdürülen yeni araştırmalar NAVA'nın fizyolojik etkileri üzerine yeni bilgiler eklemektedir. Basınç destek modlarıyla karşılaştırılan araştırmalarda NAVA'nın hasta-ventilatör etkileşimini arttırdığı ve en karmaşık solunum sistemi mekanikleri üzerine olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir. Ciddi akut respiratuar distress sendromu sonucunda oluşan düşük kompliyans ve yüksek rezistansı yenme; kronik havayolu obstrüksiyonuna bağlı hava hapsinin önlenmesi; dependan akciğer bölgelerinde ventilasyonun redistribüsyonu; sedasyona bağlı hasta-ventilatör uyumsuzluğunun önlenmesi; santral apnelere kaçınılması; ARDS hastalarında yüksek tidal hacimlerden kaçınılması; hasta-ventilatör etkileşimini artırması ve noninvaziv ventilasyon sırasında hastayla senkronizasyon sağlanmasında NAVA'nın başarılı olduğu gösterilmiştir.

Günümüzde çok sayıda araştırma kısmi basınç desteği veren konvansiyonel modlar karşısında NAVA'nın fizyolojik faydalarını onaylamaktadır. Ancak bu avantajların klinik başarıya dönüşüp dönüşmeyeceği zamanla görülecektir. Bu bölümde erişkin hastalarda NİV ile uygulanan NAVA'nın yerini inceleyeceğiz.

## NAVA Modunun Temel Prensipleri

İlk esasları 15 yıl önce tanımlanan neurally adjusted ventilatory assist (NAVA), son yıllarda piyasaya sunulan kısmi ventilatuar destek modlarından biridir (1). Sadece proportional assist ventilation (PAV) ve NAVA hastanın ihtiyacına göre ventilasyon sağlayan modlardır (2). NAVA modunun çalışma prensibinin konvansiyonel basınç destek modlarından iki farkı vardır. Birincisi PAV ve NAVA’da destek hastanın kontrolünde olsa da PAV akım ve hacim gibi ‘konvansiyonel’ pnömatik sinyalleri kullanırken NAVA diyafragmanın elektriksel aktivitesi (EAdi) ile ventilatör fonksiyonlarını kontrol eden tek moddur. NAVA’da mekanik destek EAdi ile açılır ve kapanır, transözofageal elektromiyografi ile değerlendirildiğinde her inspirasyonda EAdi ile orantılıdır (1). EAdi sinyalleri çok özel bir nazogastrik tüpe (NAVA kateteri), çok sayıda elektrodun dizilerek yerleştirilmesi ile elde edilir ve en yüksek kalitede sinyali almak için işlenir (**Şekil 1**). EAdi, mikrovolt ile ifade edilir, kullanıcının kontrolünü sağlamak için işlenip artırılarak NAVA level ((NAVAL), birimi  $\text{cmH}_2\text{O}/\text{mV}$ ) oluşturulur.

İkinci fark ise bir soluk bir kez başladığında EAdi sinyalinin büyüklüğünün oranına göre basınç desteğiyle desteklenir. EAdi sinyali her 16 ms’de örneklenir; bu kadar



Şekil 1. NAVA kateterinin takılması.

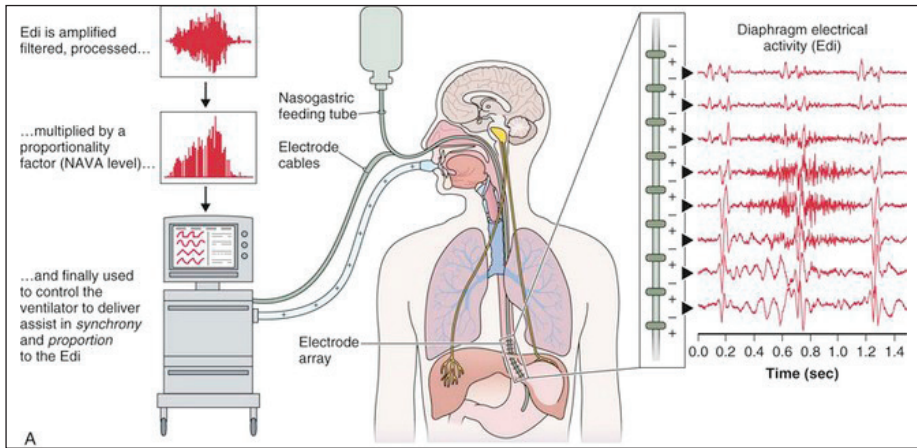
hızlı örnekleme her solukta ve soluklar arasında ventilatör desteğinin titrasyonunu sağlar (**Sekil 2**).

Ventilatör tarafından oluşturulan havayolu basıncı EAdi ve NAVAL büyüklüğüne bağlıdır. Belirlenen NAVAL için havayolu basıncı her solukta değişir, profili ayna görüntüsüne benzer. Klinik kullanımının başlamasından beri artan sayıda araştırmada hayvan modellerinde, sağlıklı kişilerde, erişkin ve pediatrik hastalarda invaziv ve noninvaziv ventilasyon (NİV) sırasında NAVA' nın etkileri incelenmiştir.

### NAVA Modunun Potansiyel Avantajları

Akut solunum yetersizliğinin tedavisi ve endotrakeal entübasyon ile invaziv ventilasyon ihtiyacının giderilmesi için NİV kullanımı giderek artmaktadır (3,4). Ancak araştırmalar gösteriyor ki NİV uyumsuzluğu günümüzde dahi %40 oranlarına kadar çıkmaktadır (5). Beck ve ark. 2008'de noninvaziv NAVA'yı deneysel bir ARDS hayvan modelinde ilk tanımladıklarında; NAVA tek bir nazal sensör ile verilmiş, solunum kaslarını etkin şekilde deşarj etmiştir (6). Hayvan deneklerle yapılan bir araştırmada kuzularda basınç desteğinin artmasıyla konvansiyonel modlarla verilen NİV'in aksine, NAVA'nın inspirasyon sırasında glottis kapanmasını engellediği gösterilmiştir (7).

Cammarota ve ark. (8) ekstübasyon sonrası akut solunum yetersizliği (ASY) olan ve helmet ile NİV alan hastalarda NAVA ile basınç destek modunu karşılaştırmış ve senkronizasyon uyumsuzluğu ile karakterize durumlarda daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Solunum sayısı EAdi ve kan gazları değerlerinde iki grup arasında fark görülmemiştir. Basınç desteği ile karşılaştırıldığında, NAVA inspiratuvar tetiklenme gecikmesini azaltmakta, diyafragmanın aktif olduğu inspirasyon süresini uzatmakta ve buna eşzamanlı olarak destek vererek senkronizasyon uyumsuzluğunu önlemektedir (8). Bu bulgular



**Sekil 2.** NAVA'daki diyafragmanın elektrikselsel aktivitesi.

daha sonraki araştırmalarda NİV maske ile verildiğinde de farklı şekillerde desteklenmiştir (9-11). Piquilloud ve ark. ASY veya ekstübasyon sonrası solunum yetersizliği olan bir grup hastada yüz maskesiyle verilen basınç destek ve NAVA modlarını karşılaştırmıştır (9). İki mod için EAdi ve arter kan gazları arasında fark görülmemiş ve tetikleme gecikmesi ve uyumsuzluk sorunları basınç destekle karşılaştırıldığında özellikle NAVA ile belirgin azalmıştır. Ekstübasyon sonrası profilaktik NİV alan hastalarda Schmidt ve ark. (10) profilaktik olarak ekstübasyon sonrası hem basınç destek hem de NAVA ile otomatik hava kaçağı kompanzasyonu açık veya kapalı basınç desteği vermiştir. Dört test kombinasyonunda da hava kaçağı algoritmalarından bağımsız olarak solunum paternleri ve EAdi arasında fark görülmemiştir, NAVA basınç destekten farklı olarak gecikmeleri azaltmış ve uyumu arttırmıştır (11). NİV algoritması NAVA ile değil basınç destek süresince senkronize olmayan olayların insidansını belirgin azaltmıştır (10). Konfor ve dispne Vizüel Analog Skala ile değerlendirilmiş ve fark bulunamamıştır (10). Çeşitli sebeplere bağlı ASY olan hastalarla yapılan bir araştırmada basınç destek ile karşılaştırıldığında NAVA'da benzer solunum paterni artmış hasta-ventilatör ilişkisi ve uyumu gösterilmiştir (11). Sonuç olarak NAVA'nın potansiyel avantajlarını hasta-ventilatör uyumsuzluğunun azalması, ventilatör ilişkili akciğer hasarından korunması, her nefeste değerkenlik olması nedeniyle oksijenizasyonun artması ve başarılı ekstübasyon şansının artması olarak sayabiliriz. NAVA için varsayılan diğer bir avantaj ise uyku kalitesinin artmasıdır. Bir kohort araştırmada REM uykusu oranında artış ve daha az bölünmüş uyku gösterilmiştir (12).

## NAVA Modunun Kısıtlılıkları

NAVA'nın kısıtlamalarını anlamak için yapacağı temel varsayımların ve kontrendikasyonlarının farkında olmak gerekir:

### Temel varsayımlar:

- Diyafragma primer solunum kasıdır ve elektriksel aktivitesi toplam nöral talep ile aynıdır.
- Nöro-ventilatuar yolak intakt.
- Solunum merkezinden out-put var ve uygun.
- Frenik sinir, diyafragma ve nöromusküler bağlantılar intakt ve düzgün alışıyor.
- Hasta solunum dürtüsünün baskılanacağı kadar sedatize değil.
- Diğer ağırlı uyarılar solunum merkezini çok uyararak hiperventilasyona sebep olmuyor.
- Solunum merkezine feedback döngüsünün duyarlılığı uygun (örneğin; kemo ve baroreseptörler).

**Mutlak kontrendikasyonları:**

- Nazogastrik veya orogastrik tüp konulmasını engelleyecek özofajiyal, farenjiyal veya maksillofasial patoloji veya travma.
- Beyin sapı veya yüksek spinal kord hasarı (C3'ün üzerinde).
- Frenik sinir sinyalinin önleyen ciddi nöropati (örneğin; demyelinizasyon).
- Artmış intrakraniyal basınç.
- Solunum dürtüsünü baskılayacak dozda analjezik/hipnotik kullanımı.
- Kas gevşetici alan hastalar.

**Hasta Seçimi**

NAVA'nın en etkili olduğu hasta grubu kronik akciğer ve kalp hastaları olmakla birlikte diğer solunum yetersizliği yapan hastalıklarda da kullanılabilir. Hasta seçimi yaparken mutlak kontrendikasyonlar değerlendirilmelidir.

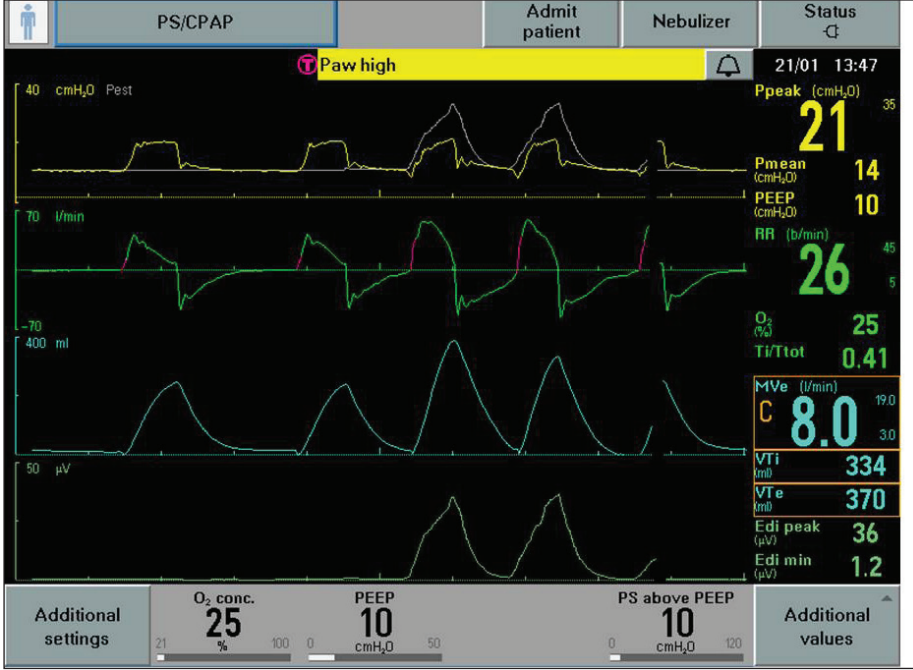
Klinik deneyimler NAVA ile her hastanın iyi ventile olmadığını göstermektedir, ancak sebepleri tam olarak aydınlatılmamıştır (13). Özellikle ARDS sendromu olanlar genellikle takipneik olup tidal hacimlerini sağlayamamakta ve yüksek NAVA düzeylerine ihtiyaç duymaktadır. Bu durumda NAVA mutlak kontrendike olmasa da kontrollü modlar daha uygun olacaktır.

**NAVA Nazogastrik Kateterinin Yerleştirilmesi**

NAVA nazogastrik kateteri sıradan beslenme tüpü ile aynı şekilde takılır. EAdi verilerinin iyi bir şekilde alınması için kateterin pozisyonu ve yeri çok önemlidir. Doğru yeri belirlemek için iki yöntem kullanılabilir. Birincisi burun-kulak-ksifoid ile devam eden mesafenin ölçülerek içeriye gönderilecek kateterin tahmini uzunluğunun ayarlanmasıdır. Diğer bir yöntem ise ventilatör ekranında kateter pozisyon aracının kullanılmasıdır. NAVA kateteri standart nasogastrik tüp olarak beslenme veya gastrik dekompanzasyon için kullanılabilir. Uzun süreli kullanılacaksa üreticinin tavsiyelerine uymak ve bir kateteri en fazla yedi gün kullanmak uygun olacaktır. Bu süreden sonra sinyalde bozulma olması muhtemeldir.

**NAVA Basınçlarının Ayarlanması**

NAVA başlangıç basınçları iki yöntemle ayarlanabilir. Birincisi "eşdeğer" prensiplerinin kullanılması ve konvansiyonel ventilasyondakine eşit Ppik basıncın ayarlanmasıdır (**Şekil 3**). Bu yöntemin avantajı daha kolay ve kısa süreli olmasıdır. Alternatif yöntem ise titrasyon yöntemidir. Bu yöntemle ayarlanan en düşük basınç düzeyi her 20 saniyede 0.1  $\mu$ V artırılır, Vt, pik havayolu basıncı (Paw) ve EAdi değerlendirilir. Artan NAVA değerleri Vt ve Paw artışına ve ventilatuar destek nöral ihtiyacı karşıladığında EAdi düşü-



**Sekil 3.** Mekanik ventilatör monitöründeki basınçlar.

şüne sebep olur. Vt ve Paw başlangıçta adım adım artar, ancak solunum sistemi optimal olarak boşaldığında bir noktada platoya ulaşır. Optimal NAVA düzeyi bu platonun olduğu düzey olarak kabul edilir. Bu titrasyon yöntemi daha çok araştırma amacıyla ve uygun NAVA düzeylerini seçmek için kullanılır. Daha doğru ve güvenilir olmasına rağmen zaman alıcı ve akut ventilasyona ihtiyacı olan hastalarda uygun değildir.

## Sonuç

NAVA kısmi basınç desteği sağlayan konvansiyonel modlarla karşılaştırdığında çeşitli fizyolojik avantajları ile orantılı destek sağlayan yeni bir moddur. Özellikle NAVA, hasta-ventilatör ilişkisini artırır, fazla destek riskini azaltır ve uyumsuzluk gelişimini azaltır. Ancak bu fizyolojik avantajların klinik uygulamalarda da gösterilmesi için randomize düzenlenmiş klinik araştırma sonuçları gereklidir.

### KAYNAKLAR

1. Sinderby C, Navalesi P, Beck J, et al. Neural control of mechanical ventilation in respiratory failure. *Nat Med* 1999; 5:1433-36.



2. Navalesi P, Costa R. New modes of mechanical ventilation: proportional assist ventilation, neurally adjusted ventilatory assist, and fractal ventilation. *Curr Opin Crit Care* 2003; 9:51-8.
3. Esteban A, Frutos-Vivar F, Muriel A, et al. Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 188:220-30.
4. Demoule A, Girou E, Richard JC, et al. Increased use of noninvasive ventilation in French intensive care units. *Intensive Care Med* 2006; 32:1747-55.
5. Vignaux L, Vargas F, Roeseler J, et al. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation for acute respiratory failure: a multicenter study. *Intensive Care Med* 2009; 35:840-6.
6. Beck J, Brander L, Slutsky AS, et al. Noninvasive neurally adjusted ventilatory assist in rabbits with acute lung injury. *Intensive Care Med* 2008; 34:316-23.
7. Hadj-Ahmed MA, Samson N, Bussieres M, et al. Absence of inspiratory laryngeal constrictor muscle activity during nasal neurally adjusted ventilatory assist in newborn lambs. *J Appl Physiol* (1985) 2012; 113:63-70.
8. Cammarota G, Olivieri C, Costa R, et al. Noninvasive ventilation through a helmet in postextubation hypoxemic patients: physiologic comparison between neurally adjusted ventilatory assist and pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 2011; 37:1943-50.
9. Piquilloud L, Tassaux D, Bialais E, et al. Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) improves patient-ventilator interaction during noninvasive ventilation delivered by face mask. *Intensive Care Med* 2012;38:1624-31.
10. Schmidt M, Dres M, Raux M, et al. Neurally adjusted ventilatory assist improves patient-ventilator interaction during postextubation prophylactic noninvasive ventilation. *Crit Care Med* 2012; 40:1738-44.
11. Bertrand PM, Futier E, Coisel Y, et al. Neurally adjusted ventilatory assist vs pressure support ventilation for noninvasive ventilation during acute respiratory failure: a crossover physiologic study. *Chest* 2013;143:30-6.
12. Delisle S, Ouellet P, Bellemare P et al. Sleep quality in mechanically ventilated patients: comparison between NAVA and PSV modes. *Ann Intensive Care* 2011;1:42-9.
13. Brander L, Beck J, Sinderby C. Interpreting success or failure of neurally adjusted ventilatory assist. *Am J Resp Crit Care Med* 2012;185:1248.



# Noninvaziv Mekanik Ventilasyon ve Monitörizasyon

İskender Kara

*Konya Numune Hastanesi, Genel Yoğun Bakım Ünitesi, Konya*

## GİRİŞ

Noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) acil servislerden yataklı servislere, yoğun bakım ünitelerinden, palyatif ünitelere ve evde uygulamalara kadar çok geniş bir yelpazede kullanılan bir destek tedavi yöntemidir. Hem hipoksemik hem de hiperkapnik solunum yetmezliği olan hastaların tedavisin de tercih edilebilir. NİV gereken hastalarda optimal desteği sağlayabilmek için personelin bilgi düzeyi, becerileri ve teknik imkanlar kadar monitörizasyon kabiliyeti de çok önemlidir. Kesintisiz olarak dikkatli bir şekilde yapılan monitörizasyonla hastanın kliniğinde meydana gelen iyileşme ve kötüleşmelerin erken tespit edilip müdahale edilmesine imkan sağlamaktadır.

Hastanın klinik durumunun takibi, hangi ventilasyon metodu ile destekleneceği, ventilatör desteğinin nasıl yönlendirileceği ve hasta ventilatör etkileşimi takibinin yanı sıra gaz değişimi, uyku ve evde uygulanan mekanik ventilasyonun takibi gibi ana başlıklar önem arz eder. NİV uygulamalarının monitörizasyonunda dikkat edilmesi gereken temel başlıklar **Tablo 1**'de özetlenmiştir.

## 1. Klinik Bulguların Yatak Başı Mönitorizasyonu

NİV hastaları özellikle başarısızlığın en çok görüldüğü tedavinin ilk birkaç saati başta olmak üzere tüm süreç boyunca yatak başı klinik olarak takip edilmelidir. Böylece gerektiğinde derhal endotrakeal entübasyona geçilmesi mümkün olabilir. Hastanın bulunduğu konum kadar tedaviyi uygulayan personel sayısı, eğitimi ve deneyimi de önemlidir. NİV tedavilerini optimize etmek için izlenmesi gereken parametreler ile ilgili çok fazla çalışma mevcut olmasına rağmen, yüksek teknolojinin sağladığı imkanlar, asla iyi bir klinik gözlemin yerini tutamaz (1,2).

**Tablo 1.** Noninvaziv mekanik ventilasyon ve monitörizasyonu.**1. Klinik bulguların yatak başı monitörizasyonu****a. Subjektif bulguların takibi**

- i. Hasta anksiyetesi
- ii. Bilinç düzeyi
- iii. Deliryum-ajitasyon
- iv. Sedasyon-analjezi
- v. Hasta konforu ve pozisyonu
- vi. Dispne
- vii. Arayüz toleransı

**b. Fizyolojik yanıtların takibi**

- i. Solunum sayısı
- ii. Solunum çabası, aksesuar solunum kaslarının kullanımı
- iii. Kalp hızı ve sürekli kalp ritmi
- iv. Kan basıncı

**c. Komplikasyonların takibi****2. Mekanik ventilatör monitörizasyonu**

- a. Hava kaçağı
- b. Hasta ventilatör uyumu
- c. Akım ve basınç dalgalarının takibi
- d. Solunum iş yükü
- e. Ekspiratuvar tidal volüm, RSBI
- f. CO<sub>2</sub> rebreathing
- g. Alarmlar

**3. Gaz değişim monitörizasyonu**

- a. Oksijenizasyon monitörizasyonu
  - i. Sürekli pulse oksimetre,
  - ii. Arter kan gazı
- b. Ventilasyonun monitörizasyonu
  - i. Arter kan gazı
  - ii. Kapiller kan gazı
  - iii. Venöz kan gazı
  - iv. Kapnografi/kapnometri
  - v. Transkütanöz CO<sub>2</sub> ölçümü

**4. Uyku monitörizasyonu****5. Ev uygulamalarının monitörizasyonu**

**a. Subjektif bulguların takibi:** Hastalar başlangıçta hem nefes darlığı hem de yapılan işlemler nedeniyle endişeli olabilirler. NİV kararı verildiğinde, başlangıç yaklaşımı kullanılacak ekipmanı hastaya göstermek ve arayüzü takmak olmalıdır. Hastalar yapılacak işlemler hakkında bilgilendirilmeli tedaviyi kabulleri ve uyumları sağlanmalıdır.

Adaptasyon için arayüz veya hava akışı ile ilgili rahatsızlıklar sürekli sorumlu ve herhangi bir rahatsızlık ya da korkuyu bildirmeleri istenmelidir. Hastalar klinisyen tarafından motive edilmeli ve ventilatör ile koordinasyon talimatı verilmelidir. Bu dönemde profesyonel destek adaptasyon sürecini hızlandırır, daha başarılı sonuçların alınmasında yardımcı olur (3-5).

NİV tedavisi solunum yetmezliğinin çok çeşitli etiyojilerinde kullanılabilir, fakat bilinç düzeyi düşük ve havayolu bütünlüğü olmayan hastalarda kullanılmaz (6). Aksine bazı çalışmalar hiperkapnik komada bu tedavinin başarıyla uygulanabileceğini bildirmektedir. Örneğin KOAH alevlenmesinde bilinç değişikliği bulunan hastalarda acil endotraheal entübasyon erişimi sağlanarak yakın monitorizasyon şartı ile NİV denenebilir (7). Tedaviye cevap veren hastalarda bilinç iyileşmesi bir saat içinde meydana gelir. Havayolu bütünlüğü, aspirasyon riski, öksürük yeteneği ve sekresyon klirensi tüm süreç boyunca takip edilmelidir. Bilinç düzeyinin takibi için Glaskow Koma Skoru kullanılması yardımcı olabilir (4,6,8).

Nörolojik muayeneler ile deliryum takibi bir diğer önemli noktadır. Entübe olmayan kritik hastalarda %50 civarında deliryum bildirilmekte olup artmış morbidite ve mortaliteyle ilişkilidir (9). Bu durumda uygun sedasyon seçenekleri göz önünde bulundurulmalıdır. NİV sırasında sedasyon ve analjezi maksatlı sıklıkla benzodiazepin ve opiatlar tercih edilir. Sedasyon ve analjezi, NİV intoleransını önlemede rol oynasa da aşırı dozlar potansiyel olarak tehlikelidir. Hipoventilasyon ve hava yolu kontrolünün kaybı açısından yakın takip gerekir (4,10).

NİV uygulamalarında tercih edilen yöntem hastaya en az rahatsızlık vermemelidir. NİV iyi tolere edilmezse belirlenen hedeflere ulaşılamaz. Hasta konforunun monitörizasyonu hedeflere ulaşıp ulaşılmadığının belirlenmesinde anahtardır (5). Hasta konforunda yetersizlik NİV başarısızlığında bağımsız risk faktörüdür (11). Yatak başı gözlem ve iletişimle kolayca değerlendirilebileceği gibi Görsel Analog Skala (VAS) gibi çeşitli ölçeklerde kullanılabilir (5,12). Ayrıca, hastanın doğru pozisyonunu korumak hasta konforunda ve tedavinin etkinliğinde önemlidir. Özellikle intraabdominal basıncı yüksek olan veya obez hastalarda süpün ve yarı oturur pozisyon tercih edilmelidir. Dispne varlığında genelde oturma pozisyonunu tercih edilir. Subjektif bir nefes alma rahatsızlığı deneyimi olan dispnenin ölçümü, NİV tedavisine yanıtın değerlendirilmesinde önemlidir. Dispne çoğu zaman artmış solunum işi (WOB) ile ilişkilidir. Başarılı bir NİV uygulamasıyla bir iki saat içinde azalır ve genelde nörolojik iyileşme eşlik eder (3,12,13). Hasta konforunu ve NİV tahammülsüzlüğünü etkileyen sebeplerden biride arayüzle ilgili sorunlardır. Uygun arayüz seçimi, hava kaçağı ve asenkronizasyonu azaltarak NİV başarısında rol oynar. Monitörizasyonda maske-cilt arasındaki uyum, rahatlık hissi ve hava kaçak miktarı gözlemlenir. Eğer kullanımda problem yaşıyorsa maskenin büyüklüğü, maske türü, maske bağları kontrol edilmelidir. Maskenin aşırı baskısı rahatsızlık hissi ve cilt hasarına yol açarken, zayıf bir baskıda hava kaçağına

sebeplendir. Klinik uygulamada farklı arayüzler kullanılarak toleransın artırılması iyi bir strateji olabilir (4,14,15).

**b. Fizyolojik yanıtların takibi:** Solunum sayısının artması, oksijen gereksinimi ve solunum yetersizliğinin en erken bir bulgusudur ve klinik ciddiyet ile paraleldir. Yardımcı solunum kaslarının kullanılması, burun kanadı solunumu, interkostal ve supraklaviküler çekilmeler ve abdominal paradoks solunum, solunum yetersizliğinin önemli fizik muayene bulgularıdır. Bu anlamda NİV hastalarında solunum paterni monitörizasyonu faydalıdır. Normalde PaCO<sub>2</sub>'de meydana gelen artış sonucu hastanın dakika ventilasyonu artar ve bu etki hipoksemi varlığında daha belirgindir (16). Solunum sayısı tıpkı kalp atımı gibi sürekli olarak izlenmelidir. NİV uygulamasında bir saat içinde solunum sayısı ve kalp atım hızında düşüş başarı işaretidir, ancak bu durum her zaman görülmeyebilir. Bununla birlikte başarılı uygulamada, ventilatör le senkronize solunum olur ve aksesuar solunum kaslarının kullanımı azalır. Takipte bu iyileşme belirtilerinin olmaması kötü yanıtı gösterir ve gerekli tedbirler alınmalıdır (1,2,5).

Vital bulguların takibi için hasta başında muhakkak çok parametrelili bir monitör bulunmalıdır. Çeşitli aritmiler (bradikardi, ventriküler taşikardi vb) NİV ile ilişkili olabilir, ama çoğunlukla altta yatan kardiyak problem ile ilgilidir (6). Bu nedenle bu hastalar sürekli olarak elektrokardiyografi ile takip edilmelidir. Stabil hastalarda noninvaziv olarak kan basıncı ölçümü yapılabilir. Fakat hemodinamik instabilite varsa invaziv ölçüm yapılmalıdır. Beraberinde hipoksemi, solunumsal asidoz gibi durumlar da varsa takipte santral kateter ve idrar sondası gibi ekstra girişimlerde gerekli olabilir. Hemodinamik instabilitenin NİV başarısızlığında rol oynadığı unutulmamalıdır (17).

**c. Komplikasyonların takibi:** NİV sırasında abdominal distansiyon, aspirasyon, burunda yaralanma, cilt nekrozu, aritmi, pnömotoraks, CO<sub>2</sub> retansiyonu, sekresyon birikimi gibi komplikasyonlar olabilir (6). Gelişebilecek komplikasyonların iyi bilinip yakın takip edilmesi, hem riski azaltır hem de gecikmeden gerekli tedbirlerin alınmasında yardımcı olabilir.

## 2. Ventilatör Monitörizasyonu

NİV tasarımı yarı açık bir sistem olduğu için kaçak oluşmasına müsaittir. Bu kaçaklar arayüzün etrafından kasıtsız kaçaklar olabileceği gibi ekspirasyon portu ile sağlanan kasıtlı kaçaklar şeklinde de olabilir. NİV ventilatörlerin bu kaçakları tanıma ve tolere edebilme özellikleri olmalıdır. Fakat aşırı kaçakların ventilatörün kompanseman kapasitesini aşabileceği unutulmamalıdır (18). İnspiryum sırasında ulaşılan havayolu basıncı 20 cmH<sub>2</sub>O'dan fazla olursa hava kaçak miktarında belirgin artış olur. Kabul edilebilir hava kaçığı %20'ler civarındadır (19). NİV sırasında kaçık miktarı objektif olarak sayısal ölçülmelidir. Yeni nesil cihazlar gelişmiş algoritmalar kullanarak kaçık miktarlarını her nefes için hesaplayabilir fakat bunlarında yanlış tahmin ihtimali bulunmaktadır (12).

NİV hastalarında etkin bir destek için ön koşullardan biriside hasta-ventilatör uyumu takibidir (20). Entübe hastalarda asenkroni şiddeti ve insidansında, ventilasyon ayarları ve solunum sistemi mekaniği önemliyen NİV de ek faktörler olarak hava kaçağı ve arayüz rol oynar. Genel olarak 0.4 L/saniye bir sızıntı iyi tolere edilir (14). Yapılan bir çalışmada, akut solunum yetmezliği tanısı ile NİV yapılan hastalarda %43 oranında ciddi asenkroni tespit edilmiştir (21). Hekim klinik olarak ventilatörün tetiklemesi ile göğüs ve abdominal genişleme arasındaki uyuma ve dispne varlığına bakarak kolayca fikir edinilebilir. Bu etkileşimde hastanın spontan solunum çabaları ve ventilatörde ayarlanan parametrelerin uyumu söz konusudur ve ventilatörün hastanın spontan solunumunu gerçekten destekleyip desteklemediği yakından izlenmelidir. NİV ventilatörleri volüm, akış ve basınç dalga formlarını ekranda görsel hale getirme imkanını verirler. Böylece asenkroni izlemi yatak başında ventilatör ekranındaki dalga formlarından yapılabilir. Ventilatörün desteklediği hasta çabaları ekranda aşağıya sapsmalar şeklinde görülebilir. Öte yandan yetersiz ve boşa harcanan solunum çabaları ekrandan izlenebilir (1,14,20). Mekanik ventilatörde asenkroni indeksi hesaplanarak da uyumsuzluk hakkında fikir sahibi olunabilir. Asenkroni indeksi  $> \%10$  olursa uyumsuzluğun şiddetli olduğundan bahsedilebilir (14,22). Yapılan bir çalışmada, NİV sırasında asenkron indeksi  $< \%10$  olan hastalarda konforun daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Ancak asenkroni indeksi  $> \%10$  olması ile entübasyon hızı, yoğun bakım yatış süresi veya mortalite arasında hiçbir ilişki olmadığı belirtilmektedir (21,23).

NİV ana hedeflerinden biri, hastanın solunum işini en aza indirmektir. Bunun kesin tahmini için özofagiyal balon yerleştirilmesi gerekir. Fakat artmış solunum işi saptamak indirekt olarak paradoksik karın hareketleri, aksesuar kas kullanımı, taşikardi, artmış solunum sayısı gibi klinik bulguları izlemek le de mümkün olabilir (8,11).

NİV takibinde diğer önemli bir nokta ekspiratuvar tidal volümdür ve hedef genelde 7-8 mL/kg olarak belirtilmektedir. Ancak ventilatör izlemelerine güvenmek yanıltıcı olabilir (5,19). Ayrıca, NİV başarısının takibinde RSBI kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada NİV başarısızlığını tahmin etmek için RSBI kullanılmıştır. RSBI  $< 105$  hastalarda %31, RSBI  $> 105$  ise %55 entübasyon ihtiyacı oluşmuştur (24).

NİV uygulaması sırasında CO<sub>2</sub> rebreathing önemli bir durumdur, CO<sub>2</sub> eliminasyonu azalır ve solunum işi artar. İnspiratuvar CO<sub>2</sub> fraksiyonunun ölçülmesi teknik olarak zor olduğu için günlük pratikte sık kullanılmaz. Genelde tek hortumlu devre veya fazla ölü boşluk oluşturan arayüz kullanımından kaynaklanır. NİV arayüzleri CO<sub>2</sub> rebreathing üzerine farklı davranırlar. Yüz maskesinin ek ölü boşluk alanı küçük olduğu için etkisi azdır. Fakat helmet ventilasyonda daha fazla görülebilir (4,19).

Ventilatörlerde alarmlar akış, basınç veya hacim esasına dayanır. Ventilatörde takip edilebilen tüm parametreler için güvenli aralıklar belirlenip alarmlar ayarlanmalıdır (19).

### 3. Gaz Değişimi Monitorizasyonu

**a. Oksijenizasyon monitörizasyonu:** Arteriyel oksijenizasyon takibinde en sık kullanılan yöntem sürekli pulse oksimetre ile yatak başında yapılan ölçümdür. En sık parmaktan ölçüm yapılmakla birlikte kulak problemleri daha hızlı cevap verir ve vazokonstriksiyondan en az etkilenir (16). Pulseoksimetri, solunum tıbbında vazgeçilmez bir izleme metodudur, çünkü arteriyel oksijenizasyon hakkında gerçek zamanlı, sürekli ve noninvaziv bilgi sağlar (25). Özellikle NİV tedavisinin erken dönemlerinde pulse oksimetre faydalıdır, ancak kan gazı takibi gerekliliğini ortadan kaldırmaz. Sürekli olarak pulse oksimetre kullanımı ile  $SpO_2$  %90 civarlarında tutulmaya çalışılır. Hiperkapnik solunum yetmezliğine sebep olabilecek KOAH gibi faktörlerin varlığında  $SpO_2$  hedefi %88-92 arasında olmalıdır (12). Akut ortamda hastalar pulse oksimetre ile sürekli takip edilirken aralıklı olarak kan gazı alınır. Amaç, kademeli olabilecek iyileşmeyi beklerken yeterli oksijenizasyon sağlamaktır. Kronik hastalarda düzelme günlük ventilatör kullanım süresine bağlı olarak haftalarca sürebilir. Bu hastalarda ventilatör sürekli iyileşmeyi muhtemel hale getirinceye kadar daha az sıklıkla arteriyel kan gazı alınabilir (5). Pulse oksimetrenin basitlik, kısa kurulum süresi ve kısa sürede yanıt verme avantajları yanı sıra hareket ve perfüzyona duyarlılık gibi dezavantajları vardır. Ayrıca, oksijen takviyesi olan hastalarda hipovekilasyonun saptanması için güvenilmezdir (26).

Arter kan gazları NİV tedavisine başlamada ve aynı zamanda ihtiyacın devam edip etmediğini tespit etmede temel oluşturur (6). Böylece entübasyon ihtiyacı değerlendirilebilir. Klinik araştırmalarda arteriyel kan gazı sıklığı hastanın durumu ve klinisyenin NİV deneyimine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterir (20). NİV izlemesinin ilk saatlerinde tedaviye cevap arteriyel kan gazları ve klinik duruma göre yapılabilir. NİV başlangıcında ve sonrasında bir-dört saatte arteriyel kan gazı alınabilir. Ayrıca, ventilatör ayarı veya  $FiO_2$ 'de herhangi bir değişiklikten bir saat sonra alınabilir (17,27). Daha sık örnekleme gereken ve entübasyon ihtiyacı olabilecek hastalar için yoğun bakım gözlemi uygundur (20). Ölçümünün sık yapıldığı dönemlerde hastanın rahatsızlığını, ağrısını azaltmak ve uyku kalitesini bozmamak için kalıcı bir arteriyel hat düşünülmemelidir. Arteriyel kan gazı ile  $PaO_2$  ilave olarak pH,  $PaCO_2$ ,  $HCO_3^-$  gibi parametrelerde takip edilebilir. Aynı zamanda  $PO_2$  ve inspire edilen oksijen fraksiyonu (P/F) arasındaki ilişkiye bakılarak değerlendirme yapılabilir (3,28). Bazal arteriyel kan gazlarına göre oksijenizasyonun düzelme derecesi en iyi olarak P/F değeri ile gösterilebilir ve bu değer NİV başarısının öngördürücülerinden biridir (1).

**b. Ventilasyonun monitörizasyonu:** Tarihsel olarak solunum pompası fizik muayene ile değerlendirilirken günümüzde  $PaCO_2$  ölçümü solunum yetmezliği teşhis ve tedavisinin ayrılmaz bir parçasıdır (29).  $PaCO_2$  değerleri, alveolar ventilasyonun değerlendirilmesi için en önemli parametredir (30). Karbondiyoksit izleminde arter kan gazı, kapiller kan gazı, venöz kan gazı, kapnografi/kapnometri ve transkütanöz ölçüm gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir. Arteriyel ve kapiller kan gazında doğruluk oranı



daha yüksek ve ekstra parametrelerin de bakılmasına izin vermektedir. Kapnografi/kapnometri ve transkütanöz ölçümlerde noninvaziv olma, uyku kalitesini bozmama ve sürekli ölçüm imkanı gibi üstünlüklere sahiptir. Karbondiyoksit düzeyini takipte farklı teknikler rekabetçi değil, aksine tamamlayıcıdır. Spesifik klinik senaryolarda farklı teknikleri kombine etmek mantıklıdır (29).

NİV sırasında alveolar ventilasyon yeterliliğinin değerlendirilmesi için  $CO_2$  düzeyi esastır ve arteriyel kan gazı örneklenmesi altın standarttır. Bu yöntem uzmanlık gerektiren, acı verici ve komplikasyon riski taşıyan bir işlemdir (12,26,29,31). Yoğun bakım ünitelerinde arteriyel hat bulunduğu için örnekleme daha kolay olabilmektedir. Hipovenilasyon en sık hiperkapni nedeni olup, hayati derecede önemli solunumsal asidoza neden olabilir (12). Hiperkapni şiddetine göre değişen pH değerleri NİV başarısını takipte önemli bir parametredir. Bazal arteriyel kan gazları ile NİV başarısı arasında ilişki olmadığını belirten bazı çalışmaların aksine KOAH hastalarında bazal pH düşüklüğü NİV başarısızlığı için bir risk faktörü olduğu bildirilmiştir (1). Oksijenizasyonun değerlendirilmesinde olduğu gibi NİV başlangıcında ve sonrasındaki ilk bir-dört saatte arter kan gazı alınarak  $PaCO_2$  değerlendirilebilir. Ventilatör ayarlarının değişikliklerinden bir saat sonra işlem tekrarlanabilir (17,27).

İlk kez 1960'larda tanımlanan kapiller kan gazı, kronik pulmoner hastalığı olan hastalarda da arteriyel  $PaCO_2$  değerleri ile yüksek korelasyon gösterir. Basit ve daha az invaziv bir alternatif olan kapiller kan gazı şiddetli şok haric, arteriyel  $CO_2$ 'yi doğru olarak yansıtmaktadır (29,30). Bir meta-analize göre kulak memesi örnekleme parmak ucuna göre daha doğrudur (32). Periferik venöz kan gazı analizi de, arter kan gazına alternatif olarak sunulmaktadır. Bununla birlikte, kronik obstrüktif akciğer hastalığı olan hastaların bir meta-analizinde arter ve ven arasında pH ve  $HCO_3$  değerleri yüksek oranda benzer bulunurken  $PaO_2$  ve  $PaCO_2$  değerleri farklılık göstermiştir (33).  $PaCO_2$  farkı 5mmHg civarlarında iken acil serviste başvuran hastalarda bu sınır 20 mmHg kadar olabilir. Bu nedenle venöz kan gazının arter kan gazlarına vekil olarak kullanılması önerilmez (29).

Ekshalasyondaki  $CO_2$  noninvaziv ölçümü olan endtidal  $CO_2$  monitörizasyonu kullanışlı bir başka yöntemdir ve ameliyathane rutinde bulunur (30,34). İnvaziv mekanik ventilasyonda tercih edilir. Fakat teknolojinin gelişmesiyle entübe olmayan hastalarda da kullanılmaktadır(34). Endtidal ölçüm noninvazivdir ve sürekli ölçüm imkanı verir. Ancak arteriyel ve kapiller  $CO_2$  tahmininde düşük hassasiyeti vardır. Ayrıca, maske sızıntısı nedeniyle ölçümler doğru olmayabilir (30). NİV hastalarında kullanımı sınırlıdır ve trend takibi için kullanılabilirler (12). Kapnografi ile solunum hızı, solunum durması, hava yolu obstrüksiyonu ve ölü boşluk ventilasyonu gibi konularda bilgi elde edilebilir. Ventilatörün kaçak kompanzasyon miktarının fazla olması da ventilasyonu bozarak endtidal  $CO_2$  düzeylerinde azalmaya neden olabilir (19). Kapnografide; mainstream, sidestream ve mikrostream yöntemlerle ölçüm yapılabilir. Mainstream analizör ekshale

CO<sub>2</sub> derhal örneklenir ve gerçek zamanlı bilgi sağlanır. Analizörün ağırlığı hastanın ventilatör borularına dayanıp rahatsızlık verebilir. Buna ek olarak sadece entübe edilen hastalarda kullanılabilir. Sidestream analizör ise hafiftir ve entübe olmayan hastalarda da kullanılabilir. Su ile tıkanma, otomatik tetikleme ve birkaç milisaniyelik gecikmeli ölçüm gibi dezavantajları vardır. Mikrostream prosedüründe ölçüm için düşük örnek akış hızı (50 mL/dakika) yeterlidir ve NİV sırasında CO<sub>2</sub> izlemi için kullanımı mevcuttur (19,29,34,35). Endtidal CO<sub>2</sub> ölçümünde ölü boşluk havası dışarı çıktıktan sonra ekspirasyonun son %20'sindeki CO<sub>2</sub> ölçülür. İdeal monitör hem sayısal hem de grafik dalga formunda görüntüler sağlar. Endtidal CO<sub>2</sub> değerleri normal kişilerde arteriyel değerden yaklaşık 5 mmHg daha düşük iken, akciğer hastalarında ventilasyon perfüzyon oranında bozulmaya paralel olarak 10 mmHg daha büyük farklara çıkarak güvenilirliğini azaltır. Endtidal CO<sub>2</sub> takibi trend eğilimleri belirlemek için değerli olabilir. Trend takibi pulse oksimetre ile kombine edilerek arteriyel kan gazlarının gerekliliği azaltılır. Uygun bir şekilde kullanıldığında klinisyen ve hemşirelere hasta değerlendirmesinde değerli bilgiler sağlar (16,29,34,35).

Bir diğer önemli yol transkütanöz ölçüm metodudur. İnsan cilt yüzeyinden CO<sub>2</sub> ölçümü ilk olarak 1960 yılında Severinghaus tarafından tanımlanmıştır (36). Metodoloji, son 20 yıl boyunca sürekli geliştirilerek kullanıma hazır sensörler, daha düşük sensör sıcaklığı, daha küçük sensör boyutu, daha az sıklıkta sensör değişimi ve kalibrasyon, arteriyelleşme süresinin kısalması gibi gelişmeler kaydedilerek kullanım kolaylaşmıştır (37,38). Bu yöntem arteriyel CO<sub>2</sub> değerinin kesintisiz noninvaziv bir tahmini sağlar ve artık klinik uygulamada rutin olarak kullanılmaktadır. Kullanılan sensörün sıcaklığı ile transkütanöz CO<sub>2</sub> değerleri arteriyel değerden daha yüksektir. Yakın bir okuma sağlamak için transkütanöz değeri düzeltmede ortak uygulamalar kullanılmaktadır. NİV monitörizasyonda transkütanöz cihazlar çeşitli durumlarda endtidal CO<sub>2</sub> analizine tercih edilirler (37). Solunum yetmezliği olan ve entübe olmayan hastalarda yapılan bir çalışmada transkütanöz ile arteriyel CO<sub>2</sub> basıncı arasında iyi bir korelasyon bulunmuş ve zaman içinde takiplerde de korelasyonda istikrar devam etmiştir. Aynı zamanda bu hastalarda endtidal CO<sub>2</sub>'ye göre daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir (38). Başka bir çalışmada akut hiperkapnik solunum yetmezliği olan ve NİV yapılan hastalarda transkütanöz CO<sub>2</sub> bakılmış ve hesaplanan HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ile transkütanöz pH tahmin edilmiştir. Arteriyel pH ile karşılaştırıldığında sonucun değerli olduğu ve NİV hastalarında arteriyel kan gazı örnekleme umut verici bir alternatif olmuştur (39). Hiperkapnik solunum yetmezliği nedeniyle NİV yapılan hastalarda pek çok çalışma transkütanöz CO<sub>2</sub> ölçümünün doğruluğunu bildirmiştir. Arter kan gazına göre yaklaşık 4-7 mmHg bir fark bildirilmektedir (40-42). Bu yöntem NİV sırasında gece boyunca CO<sub>2</sub> izlemek için kullanılabilir (31). Başka bir çalışmada hiperkapnik solunum yetmezliği olan hastaların gece takibinde kapiller kan gazı ve transkütanöz CO<sub>2</sub> arasında uyum olduğu tespit edilmiş ve gece meydana gelen dalgalanmaların sürekli takibi için önerilmişti (30). Çalışmalar bu yöntemin yoğun bakım ünitelerinde de güvenle kullanılabileceğini bildirmektedir (38).

Tüm bu çalışmaların aksine transkütanöz monitörizasyonda bazı çelişkilerde bulunmaktadır. Bu yöntem geriatride, akut solunum yetmezliğinde, ALS hastalarında ve şiddetli obezitede olumlu sonuç verirken acil servisler, ameliyathane ve yoğun bakım üniteleri için daha kötü sonuçlar bildirilmiştir (31). Transkütanöz CO<sub>2</sub> ölçümü hemodinamisi stabil olan hastalarda değerlidir. Yoğun bakımlarda bu hastaların azlığı nedeniyle kullanımları sınırlıdır (16). Fakat prospektif klinik bir çalışmada septik şoklu hastalarda dahi transkütan ve arteriyel CO<sub>2</sub> değerleri arasında korelasyon gösterilmiştir (43). Transkütanöz CO<sub>2</sub> ölçümü cilt perfüzyonu, deri sıcaklığı ve cilt ödemi gibi klinik durumlardan etkilenir (37). Bununla birlikte bazı çalışmalar hem vazopressörlerin hem de vazodilatatörlerin kullanımının önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir. Benzer şekilde cilt pigmentasyonu ile ilgili de çelişkili sonuçlar vardır (43). Bazı yazarlar ciddi hiperkapnik hastalarda transkütanöz ölçümler ile arteriyel CO<sub>2</sub> arasında daha büyük farklar olduğu için kullanımını önermemektedir (44). NİV sırasında transkütanöz ölçümler arter örneklemesinin yerini almaya da sürekli ölçüm ile trend hakkında bilgi verir. Böylece değişen klinik senaryoların (vücut pozisyonu, maske uyumu, sedasyon vb.) sebep olduğu ani PaCO<sub>2</sub> değişiklikleri kolayca fark edilebilir (29).

#### 4. Uyku Monitörizasyonu

Kronik uyku bozuklukları ve yorgunluk gibi durumlar solunum yetmezliğinde sık görülür. NİV başarısı uyku kalitesi üzerindeki etkisiyle değerlendirilebilir (20). Yatak başı gözlem ve hasta iletişimiyle kolayca değerlendirilebilir. Bazı araştırmacılar polisomnografi sonrasında NİV başlamasını desteklerken, birçok klinisyen pragmatik nedenlerle doğrudan NİV başlatmaktadır (5). Hem polisomnografik veriler hem de klinik çalışmalar, mekanik ventilasyon hastalarında uyku kalitesinin düşük olduğunu göstermiştir (12). NİV sırasında hastaların uyku kalitesi ile ilgili veriler eksik olsa da, maske uyumsuzlukları, hava kaçakları gibi nedenlerle uyku kalitesinin çok iyi olmayacağı söylenebilir (45). Uyku esnasında solunum mekaniği değişir. CO<sub>2</sub> düzeyi gece boyunca dalgalandığı için tek bir noktada rastgele kan örneği alınması, solunum yetmezliğinde aşırı veya yetersiz tahminlere neden olabilir. Kan örneği alımı, kişiyi uyandırıp en azından solunum modelini bozabilir, teorik olarak PaCO<sub>2</sub> düşük tahmin edilebilir (30). Arter kan gazı altın standart olsa da uyku merkezlerinde veya hastaların evlerinde uygulama imkanı zordur. Ayrıca, arter kan gazı gerekli olmasına rağmen sınırlı bilgi verir. Örneğin, gündüz alınan arter kan gazı nokturnal hipoventilasyonun zayıf öngördürücüsüdür. Benzer şekilde kolay uygulanabilen nokturnal pulse oksimetre nokturnal hipoventilasyonu hafife alabilir (31). Bu durumda pulse oksimetre ve transkütanöz CO<sub>2</sub> kombinasyonu önerilebilir (29).

NİV tedavisi uyku kalitesini artırabilir ancak hasta-ventilatör asenkronileri uyku yapısını etkileyebilir. Hastaneden taburcu olduktan sonra havalandırma kalitesinde olası değişiklikler zayıf bir şekilde bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada, nöromüsküler hastalığı olan hastalarda evde yapılan polisomnografide hastanede yapılanaya göre hava kaça-

ğı ve hasta ventilatör uyumsuzluğunun daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta evde polisomnografi uygulamaları ile NİV ayarlarının iyileştirilebilmesi mümkün olabilir (46,47). Fakat NİV'de düzenli EEG izlemenin yararlı olduğuna dair herhangi bir kanıt yoktur (20).

## 5. Ev Uygulamalarının Monitörizasyonu

Evde kullanılan NİV etkinliğini, konforunu ve yan etkilerini izlemek için, hastalar deneyimi olan bir hemşire tarafından ziyaret edilmelidir. Stabil hastalarda, yılda bir-iki ziyaret genellikle yeterlidir. Ancak ALS hastaları ve çocuklar daha sık ziyarete ihtiyaç duyabilir. Ayrıca, hastaların poliklinik ziyaret etme fırsatı olmalıdır. Özellikle, sürekli NİV alan hastalar yeterli uzmanlığa sahip bir merkeze gece gündüz erişebilir durumda olmalıdır. Ayrıca, ventilatörü temin eden firmanın sürekli teknik desteği diğer önemli bir noktadır (26). NİV hastalarının ev takiplerinde pulse oksimetre, ventilatör verileri ve transkütanöz CO<sub>2</sub> monitörizasyonu tercih edilebilir (38,39).

Evde NİV hastalarını değerlendirmek için hastalar hem gündüz hem gece boyunca dinlenmede veya aktiviteler sırasında takip edilmesi gerekir. NİV ihtiyacının devam edip etmediğini belirlemek için gözlem sadece ventilasyonda değil spontan solunum sırasında da yapılmalıdır. Altta yatan hastalığa bağlı olarak yılda en az iki-dört defa bu gözlem yapılmalıdır(26).

## Sonuç

NİV sırasında yakın monitörizasyon ve sürekli bakım tedavi başarısının anahtarıdır. Anlatılan bütün başlıklar koordineli bir şekilde eğitilmiş bir ekip tarafından bir protokol olarak uygulandığında başarı oranı artacaktır. NİV monitörizasyona göre tatmin edici bir düzelme sağlandığında veya tersine başarısızlık belirtileri olduğunda tedavi durdurulmalıdır.

### KAYNAKLAR

1. Ozyilmaz E, Ugurlu AO and Nava S. Timing of noninvasive ventilation failure: causes, risk factors, and potential remedies. *BMC PulmonaryMedicine* 2014;14:19.
2. Elliott MW, Confalonieri M, Nava S. Where to perform noninvasive ventilation? *Eur Respir J* 2002;19:1159-66.
3. BTS Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002;57(3):192-211.
4. Bello G, De Pascale G, and Antonelli M. Review. Noninvasive ventilation: practical advice. *Curr Opin Crit Care* 2013;19:1-8.
5. Mehta S and Hill NS. NoninvasiveVentilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163:540-77.
6. Singh G, Pitoyo CW. Non-invasiveVentilation in Acute Respiratory Failure. *Acta Medica Indonesiana – The Indonesian Journal of Internal Medicine* 2014;46:1.

7. Diaz GG, Alcaraz AC, Talavera JC et al. Noninvasive positive-pressure ventilation to treat hypercapnic coma secondary to respiratory failure. *Chest* 2005;127: 952-60.
8. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet* 2009; 374: 250-9.
9. Ely EW, Shintani A, Truman B et al. Delirium as a predictor of mortality in mechanically ventilated patients in the intensive care unit. *JAMA* 2004; 291:1753-62.
10. Devlin JW, Nava S, Fong JJ, et al. Survey of sedation practices during noninvasive positive-pressure ventilation to treat acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2007;35:2298-302.
11. Demoule A, Girou E, Richard JC et al. Benefits and risks of success or failure of noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 2006; 32:1756-65.
12. Kondılı E, Xirouchaki N, Georgopoulos D. Monitoring during acute non-invasive ventilation. Inbook: *Non-invasive Ventilation and Weaning: Principles and Practice*, pp.97-106.
13. Shiber JR, Santana J. Dyspnea. *MedClin North Am* 2006;90(3):453-79.
14. Mas A, Masip J. Review. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure. *International Journal of COPD* 2014;9: 837-52.
15. Kwok H, McCormack J, Cece R et al. Controlled trial of oronasal versus nasal mask ventilation in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2003; 31:468-73.
16. Karakurt S. Yoğun Bakım Ünitesinde Solunumsal Monitörizasyon. *Yoğun Bakım Dergisi* 2002;2(1):5-15.
17. *International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:283-91.
18. Borel JC, Sabil A, Janssens JP et al. Intentional leaks in industrial masks have a significant impact on efficacy of bilevel noninvasive ventilation: a bench test study. *Chest* 2009;135: 669-77.
19. Esquinas AM. *Noninvasive Mechanical Ventilation. Theory, Equipment, and Clinical Applications. Second Edition.* 2016;163-229.
20. Gay P. Management and monitoring of noninvasive mechanical ventilation. *Eurasian journal of pulmonology.* 2002;4(2);275-77.
21. Vignaux L, Vargas F, Roeseler J, et al. Patient-ventilator asynchrony during non-invasive ventilation for acute respiratory failure: a multicenter study. *Int Care Med* 2009; 35:840-6.
22. Branson RD, Blakeman TC, and Robinson BRH. Asynchrony and Dyspnea. *Respir Care* 2013;58: 6.
23. M DeWit M, Miller KB, Green DA, et al. Ineffective triggering predicts increased duration of mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2009;37(10):2740-45.
24. Hess DR. Noninvasive Ventilation for Acute Respiratory Failure. *Respir Care* 2013;58(6):950-69.
25. Tusman G, Bohm SH, Sipmann FS. Advanced Uses of Pulse Oximetry for Monitoring Mechanically Ventilated Patients. *Anesth Analg* 2017;124:62-71.
26. Kampelmacher MJ. Non-invasive home mechanical ventilation: qualification, initiation, and monitoring. *Pneumonol Alergol Pol* 2012; 80(5): 482-88.
27. Hill NS. Where Should Noninvasive Ventilation Be Delivered? *Respir Care* 2009;54(1):62-9.
28. Keenan SP, Sinuff T, Burns KE, et al. Clinical practice guidelines for the use of noninvasive positive-pressure ventilation and noninvasive continuous positive airway pressure in the acute care setting. *CMAJ.* 2011;183(3):195-214.

29. Huttmann SE, Windisch W, and Storre JH. Techniques for the Measurement and Monitoring of Carbondioxide in the Blood. *Ann Am Thorac Soc* 2014;11(4):645-652.
30. Stieglitz S, Matthes S, Priegnitz C, et al. Comparison of Transcutaneous and Capillary Measurement of PCO<sub>2</sub> in Hypercapnic Subjects. *Respir Care* 2016;61(1): 98-105.
31. Aarrestad S, Tollefsen E, Kleiven AL, et al. Validity of transcutaneous PCO<sub>2</sub> in monitoring chronic hypoventilation treated with non-invasive ventilation. *Res Medicine* 2016;112:112-8.
32. Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, et al. Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis. *Respir Physiol Neurobiol* 2007;155(3):268-79.
33. Lim BL, Kelly AM. A meta-analysis on the utility of peripheral venous blood gas analyses in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease in the emergency department. *Eur J Emerg Med* 2010;17:246-48.
34. John RE. End-Tidal Carbon Dioxide Monitoring. *Critical care nurse* 2003;23(4):83-8.
35. Ahrens T, Sona C. Capnography Application in Acute and Critical Care. *AACN Clinical Issues* 2003;14(2):123-32.
36. Severinghaus JW. Methods of measurement of blood and gas carbon dioxide during anaesthesia. *Anesthesiology* 1960;21:717-26.
37. Eberhard P. Review Article. The Design, Use, and Results of Transcutaneous Carbon Dioxide Analysis: Current and Future Directions. *Anesth Analg* 2007; 105(6):48-52.
38. Lermuzeaux M, Meric H, Sauneuf B, et al. Superiority of transcutaneous CO<sub>2</sub> over end-tidal CO<sub>2</sub> measurement for monitoring respiratory failure in nonintubated patients: A pilot study. *Journal of Critical Care* 2016;31:150-6.
39. Van Oppen JD, Daniel PS, and Sovani MP. What is the potential role of transcutaneous carbon dioxide in guiding acute noninvasive ventilation? *Respir Care* 2015; 60(4): 484-491.
40. Cox M, Kemp R, Anwar S, et al. Non-invasive monitoring of CO<sub>2</sub> levels in patients using NIV for AECOPD. *Thorax* 2006;61:363-4.
41. Nicolini A, Ferrari MB. Evaluation of a transcutaneous carbon dioxide monitor in patients with acute respiratory failure. *Ann Thorac Med* 2011;6:217-20.
42. Storre JH, Steurer B, Kabitz HJ, et al. Transcutaneous PCO<sub>2</sub> monitoring during initiation of noninvasive ventilation. *Chest* 2007;132:1810-6.
43. Bendjelid K, Schütz N, Stotz M, et al. Transcutaneous PCO<sub>2</sub> monitoring in critically ill adults: Clinical evaluation of a new sensor. *Crit Care Med* 2005; 33: 2203-6.
44. Ruiz Y, Farrero E, Cordoba A, et al. Transcutaneous carbon dioxide monitoring in subjects with acute respiratory failure and severe hypercapnia. *Respir Care* 2016;61(4): 428-433.
45. Gonzalez MM, Parreira VF, Rodenstein DO. Non-invasive ventilation and sleep. *Sleep Med Rev* 2002; 6:29-44.
46. Crescimanno G, Canino M, Marrone O. A synchronies and sleep disruption in neuromuscular patients under home noninvasive ventilation. *Res Med* 2012; 106: 1478-85.
47. Crescimanno G, Greco F, Marrone O. Monitoring noninvasive ventilation in neuromuscular patients: feasibility of an attended home polysomnography and reliability of sleep diaries. *Sleep Medicine* 2014;15:336-41.

# Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Sırasında Sedasyon ve Analjezi Uygulamaları

Fatma Yıldırım<sup>1</sup>, Ebru Ortaç Ersoy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SBÜ Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

## GİRİŞ

Noninvaziv mekanik ventilasyonu (NİV) tolere edememek NİV başarısızlığının önemli bir nedenidir. Daha önceki çalışmalarda hasta intoleransı nedeniyle NİV başarısızlık oranı %9-22 olarak raporlanmıştır (1,2). NİV sırasında sedasyon rutin olarak uygulanmamaktadır, çünkü daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere NİV başlangıcında hastanın bilincinin kötü olması NİV uygulaması için göreceli kontrendike bir durumdur. Buna rağmen hastalar NİV'de maskenin yarattığı rahatsızlık hissi, klostrrofobi ve anksiyete nedeniyle tolere edemeyebilirler ve sedasyon uygulaması gerekebilir.

Şimdiye kadar NİV başarısını etkileyen faktörlerin incelendiği çalışmalara bakıldığında NİV sırasında sedasyon gözardı edilen bir konu olmuştur. Burns ve ark.'nın yakın zamanda yaptıkları, akut solunum yetmezliği nedeniyle entübe edilen hastalarda weaning sırasında NİV'in yerini inceledikleri Cochrane derlemesinde, yapılan çalışmaların sadece birinde NİV başlamadan önce ve başladıktan sonra bir sedasyon protokolünün kullanıldığı belirtilmiştir (3). Rocker ve ark. tarafından akut solunum yetmezliği olup, NİV'le tedavi edilen hastalarda sedasyon için morfin ve midazolamın kullanımının tanımlanmasından bu yana toleransı düşük hastalarda sedasyona yönelik konvansiyonel yaklaşım tartışılmaya başlanmıştır (4). Yapılan pilot çalışmalarda, NİV sırasında bir tek sedatif ve analjezik ajanın sürekli infüzyonunun titre edilerek bilinçli sedasyon-uyanık sedasyon sağlanmasının, solunum dürtüsü, solunum paterni ve hemodinamik parametreler üzerinde belirgin değişiklikler yapmadan hasta konforunu artırdığı belirtil-

mektedir (5,6). Bu bölümde NİV sırasında sedasyon uygulaması için kullanılabilecek ajanlar ve dikkat edilmesi gereken noktalar tartışılacaktır.

## I. NİV Sırasında Sedasyon Ne Zaman Düşünülmelidir?

Rahatsızlık hissi, klostrofobi ve ajitasyon nedeniyle NİV yapılamayan ve entübe olabileceği öngörülen hastalarda kısa süreli uygulanan sedasyon, NİV'in başlanmasını ve sürdürülmesini sağlayabilir. Sedasyon hastanın NİV'e uyumunun gerekli olduğu ilk saatlerde ve NİV'in sürdürülmesi gereken ilerleyen saatlerde düşünülebilir (3,4).

## II. Sedasyon Hedefi Ne Olmalıdır?

NİV sırasında uygulanan sedasyon hastanın ajitasyonunu gidermeli, analjezi ve rahatlık sağlarken gece/gündüz siklusunu korumalı ve hastanın kooperasyonunu engellemelidir. Invaziv mekanik ventilasyondan farklı olarak NİV sırasında solunum yollarının direkt kontrolü sağlanamamaktadır. Bu nedenle NİV sırasında sedasyon uygulanırken dikkat edilmesi gereken birçok nokta bulunmaktadır. Solunum yollarının açıklığının sağlanması ve solunum sekresyonlarının kontrolü için sedasyon için kullanılan ajanın hastanın solunum dürtüsünü ve bilincini baskılamaması gerekmektedir. Hedeflenen sedasyon, NİV'den kaynaklı rahatsızlığı ortadan kaldıracak düzeyde, hastanın uyanık ya da kolayca uyandırılabilirdiği "bilinçli sedasyon" olmalıdır (7).

## III. Sedasyon Düzeyinin Monitörizasyonu

İnvaziv veya NİV uygulanan hastalarda ağrı, stres ve rahatsızlık hissi nedeniyle verilen sedasyon ve analjezinin uygun dozda ve etkinlikte verilip verilmediğinin monitörizasyonu gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilen, geçerlilik ve güvenilirlikleri yoğun bakım hastaları için tanımlanmış, hastanın görünümünü ve uyarılara cevabını değerlendiren klinik skalaların yanı sıra fizyolojik parametrelerin değerlendirildiği sayısal sedasyon skalaları da mevcuttur. Klinik skalalardan Ramsay Sedasyon Skalası (RSS), Riker Sedasyon Ajitasyon Skalası (RSAS), Richmond Ajitasyon-Sedasyon Skalası (RASS) sıklıkla kullanılan skalalardır (8-12). Belirtilen skalaların sedasyon düzeyinin belirlenmesinde güvenilirlik olarak birbirlerine üstünlükleri yoktur. Ramsay sedasyon skalası uygulama kolaylığı nedeniyle çalışmalarda en sık kullanılan skaladır ve istenen sedasyon düzeyi 2-3'tür (Tablo 1).

## IV. NİV Sırasında Sedasyon İçin Kullanılabilecek Ajanlar

Öncelikle belirtmek gerekir ki NİV sırasında sedasyon amaçlı herhangi bir ilaç ya da ilaç grubunun güvenle kullanılabileceğine dair güçlü kanıtlar yoktur. Yakın zamanda NİV sırasında sedasyonun güvenilirliğini, etkinliğini ve NİV başarısını artırdığını belirten yayınlamış olgu serileri, gözlemsel çalışmalar ve randomize kontrollü çalışmalar mevcuttur. Bu anlamda en sık kullanılan ajanlar opioidler (Remifentanil), benzodiazepinler (midazolam) ve alfa-2 adrenerjik agonist deksmedetomidindir (Tablo 2).



**Tablo 1.** Ramsay sedasyon skalası (11).

1. Endişeli ve ajite veya huzursuz veya her ikisi
2. Koopere, oryante ve sakin
3. Sadece emirlere uyar
4. Hafif glabellar dokunuş veya yüksek sesle işitsel uyarana belirgin yanıt
5. Hafif glabellar dokunuş veya yüksek sesle işitsel uyarana hafif yanıt
6. Hafif glabellar dokunuş veya yüksek sesle işitsel uyarana yanıt yok

Constantin ve ark. remifentanilin sedatif ajan olarak rahatsızlık/anksiyete ilişkili NİV başarısızlığına olan etkisini incelemişlerdir (5). On hipoksemik solunum yetmezlikli ve 3 hiperkapnik solunum yetmezlikli hastada remifentanil sedasyon düzeyi RSS skoru 2-3 olacak düzeyde infüzyon şeklinde titre edilmiştir. Bir saat sonra solunum sayısında ve kan gazlarında düzelme dokuz hastada sağlanabilmiş ve endotrakeal entübasyondan korunmuştur. Dört hasta NİV'in ilk saatinde entübe olmuştur. Ortalama remifentanil dozu  $0.1 \pm 0.03$  mcg/kg/dakika olarak belirtilmiştir. Remifentanilin sürekli infüzyonunun NİV toleransını artırdığını, takipneyi azalttığını, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> oranını artırdığını ve PaCO<sub>2</sub>'yi düşürdüğünü göstermişlerdir. Rocco ve ark. tarafından daha geniş bir hasta grubunda yapılan çalışmada hipoksemik solunum yetmezliği olan 36 hastanın RSS skoru 2-3 olacak şekilde remifentanil infüzyon dozu titre edilmiştir (6). NİV başarı 22 (%61) hastada elde edilmiş, 14 (%39) hastada NİV başarısız olmuştur. NİV başarılı olan grupta etkin bir şekilde solunum sayısında düşüş ve PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> artışı elde edilmiştir. Ortalama remifentanil dozu  $0.07 \pm 0.03$  mcg/kg/dakika olarak tespit edilmiştir. Remifentanile dayalı sedasyon protokolünün solunum depresyonu ya da hemodinamik instabilite yapmadan NİV başarısızlığını azalttığı ve toleransı artırdığı bildirilmiştir. İki çalışmada da remifentanil ile yüzeysel sedasyonun akut solunum yetmezliğindeki hastalarda tedavi başarısını hastalarda bir kötüleşme olmadan düzelttiğini göstermişlerdir.

Huang ve ark.ları 2012 yılında NİV'i tolere edemeyen akut pulmoner ödemli hastalarda deksmedetomidin ile midazolamı karşılaştırmışlardır (13). Hastalara sedasyon düzeyi RSS 2-3 olacak şekilde sürekli midazolam (n= 29) veya deksmedetomidin (n= 33) verilmiştir. Kardiyorespiratuvar semptom ve bulgular (oksijenizasyon, pH, solunum sayısı) her iki grupta da belirgin düzelmiştir. Deksmetomidin alan grupta NİV başarısızlık oranı daha düşük, mekanik ventilasyon ve weaning süresi, hastanede ve yoğun bakımda yatış süresi daha kısa, bulunmuştur. Deksmetomidin grubunda solunumsal enfeksiyonlar ve kuma daha az bulunurken, bradikardi daha fazla bulunmuştur, ancak hiçbir hastada ilaç kesilmesi gerekmemiştir. Bu bulgularla ters olarak 2014'te yapılan randomize kontrollü çalışmada deksmedetomidinin erken başlanması NİV toleransını plaseboya göre azaltmadığı göstermiştir. Hasta sayısının az olduğu -deksmedetomidin (n= 16) ve plasebo (n= 17)- bu çalışmada dikkat edilmesi gereken bir

Tablo 2. NIV sırasında sedasyon uygulaması için kullanılan ajanlar ve dozları (12)						
İlaç	Mekanizma	Etki başlangıç süresi	Yarılanma ömrü	Uygulama dozu	Yan etki	
Midazolam	GABA agonist	2-5 dakika	3-11 saat	0.01-0.05 mg/kg yükleme dakikalar içinde, 0.02-0.1 mg/kg/saat idame	Solumum depresyonu hipotansiyon	
Deksmetomidin	$\alpha$ 2 agonist	5-10 dakika	1,8-3,1 saat	1 $\mu$ g/kg 10 dakikadan uzun sürede bolus, 0.2-0.7 $\mu$ g/kg/saat infüzyon	Bradikardi, hipotansiyon, yükleme dozunda hipertansiyon	
Remifentanil	$\mu$ - opioid agonisti, $\kappa$ opioid agonist etkisi de var.	1-3 dakika	3-10 dakika	1,5 $\mu$ g/kg yükleme dozu, 0,5-15 $\mu$ g/kg/saat infüzyon	Pahalı	
Haloperidol	Dopamin D2 reseptörlerinin postsinaptik blokajı	1-3 saat	20 saat	Başlangıç dozu 2-10 mg/gün Maksimum oral doz 30 mg	Kilo alımı Antikolinerjik yan etkiler	

nokta hastaların başlangıç toleransı göz önüne alınmadan bütün hastalara sedasyon başlanmış olmasıdır (14).

NİV sırasında sedasyon uygulaması ile ilgili ülkemizden çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Ülkemizden yapılan NİV sırasında sedasyon ile ilgili ilk randomize kontrollü çalışmada KOAH akut alevlenme nedeniyle solunum yetmezliği gelişen 40 hastada randomize olarak deksmedetomidin ve midazolam kullanılmıştır. Sedasyon düzeyi RSS'ı 2-3, RASS 3-4, RSAS 3-4, Bispektral İndeks (BIS) > 85 üzerinde olacak şekilde hastaların 20'sine deksmedetomidin, 20'sine midazolam infüzyonu verilmiştir. Deksmetomidin verilen grupta dördüncü saatten itibaren RSS'nda belirgin yükselme, 8. saatten itibaren RSAS'nda düşüş ve NİV boyunca BIS'nda yükseklik tespit edilmiştir. Kan gazlarında ve solunum sayısındaki düzelme her iki grupta benzer bulunurken, deksmedetomidin grubunda daha az oranda infüzyon hızında değişiklik yapılmıştır. Bu grupta çalışma boyunca kalp hızı ve çalışmanın ilk iki saatinde sistolik ve diyastolik kan basınçları daha düşük seyretmiştir. Midazolam verilen grupta bir hastaya fazla sedasyon verilirken (RSS > 4 ve RSAS < 2), iki hasta infüzyon artırılmasına rağmen ajitasyon arttığı için çalışmadan çıkarılmışlardır. Çalışma boyunca hiçbir hastada yükleme ve infüzyonla ilişkili yan etki ile karşılaşılmazken tüm hastalarda NİV başarılı olmuştur. KOAH akut alevlenme nedeniyle NİV yapılan hastalarda ilk 24 saatte deksmedetomidin ve midazolamın güvenle kullanılabileceği belirtilmiştir (15).

Uzun ve ark.nın 204 solunum yetmezliği olan (523 hipoksik solunum yetmezliği, %77 hiperkapnik solunum yetmezliği) hastada NİV'de başarıyı etkileyen faktörleri değerlendirdikleri çalışmada ajitasyon, deliryum ve maske intoleransı nedeniyle sedasyon amacıyla haloperidol kullanım durumları kaydetmişlerdir. Haloperidol kullanılan hastaların giriş solunum sayıları ve 1. saatteki solunum sayıları daha yüksekken haloperidol tedavisinin başarı ve mortalite üzerine olumlu bir etkisi saptanmamıştır (16).

Yakın zamanda yapılan 30 ülkeden 322 YBÜ'nün dahil edildiği, analjezik ve/veya sedatif ilaçların NİV başarısızlığına etkisini inceleyen çok merkezli, uluslararası, gözlemsel çalışmada, toplam 842 hastanın 269'unda (%32) NİV başarısızlığı tespit edilmiştir. Düzeltilmemiş analjeziye göre analjezi kullanımının NİV başarısızlığı ile ilişkili bulunmaması ancak karıştırıcı faktörlerin düzeltilmiş analizinde hem analjezi kullanımının (olasılık oranı 1.8, %95 güven aralığı 0.6-5.4) hem de sedasyonun (olasılık oranı 2.8, %95 güven aralığı 0.85-9.4) NİV başarısızlığı ile anlamlı derecede ilişkisi bulunmuştur. Analjezi ve sedasyonun birlikte kullanımının NİV başarısızlığını daha da artırdığı (olasılık oranı 5.7, %95 güven aralığı 1.8-18.4) artırdığı bulunmuştur. Ayrıca, analjezi ile birlikte sedasyon alan hastalarda YBÜ yatışının daha uzun olduğu (medyan 7 vs. 5), kaba 28 günlük mortalitenin analjezi ya da sedatif alan hastalarda almayanlara göre daha yüksek olduğu (%34 vs. %23,  $p=0.014$ ) bulunmuştur. Hastaların %20'sinin analjezi ya da sedatif aldığı bu çalışmada, NİV sırasında analjezi ya da sedatif kullanımının bir yararı gösterilememiştir (17).

## Sonuç

Günümüzde NİV uygulaması sırasında hasta uyumu ve konforunu sağlamada sedasyonun önemi giderek artmaktadır. Ancak NİV sırasında sedasyon uygulanırken dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalar mevcuttur. Öncelikle kullanılacak sedatif ajanın farmakokinetik özellikleri ve yan etkileri iyi bilinmelidir. Uygulanan sedasyonun düzeyi mutlaka skalalar ile takip edilmelidir. Sedasyon uygulanan hastalarda kardiyak ve respiratuvar monitörizasyon, ventilatör ve kan gazı parametrelerinin yakın takibi yapılmalı ve NİV başarısızlığı durumunda endotrakeal entübasyonun gecikmeden yapılmasının gerekliliği unutulmamalıdır.

### KAYNAKLAR

1. Masip J, Pérez J, Merino M, et al. Risk factors for intubation as a guide for noninvasive ventilation in patients with severe acute cardiogenic pulmonary edema. *Intensive Care Med* 2003;29(11):1921-8.
2. Delclaux C, L'Her E, Alberti C, et al. Treatment of acute hypoxemic nonhypercapnic respiratory insufficiency with continuous positive airway pressure delivered by a face mask: A randomized controlled trial. *JAMA* 2000;284(18):2352-60.
3. Burns KE, Meade MO, Premji A, Adhikari NK. Noninvasive ventilation as a weaning strategy for mechanical ventilation in adults with respiratory failure: a Cochrane systematic review. *CMAJ* 2014;186(3):E112-22.
4. Rocker GM, Mackenzie MG, Williams B, Logan PM. Noninvasive positive pressure ventilation: successful outcome in patients with acute lung injury/ARDS. *Chest* 1999;115(1):173-7.
5. Constantin JM, Schneider E, Cayot-Constantin S, et al. Remifentanyl-based sedation to treat noninvasive ventilation failure: a preliminary study. *Intensive Care Med* 2007;33(1):82-7.
6. Rocco M, Conti G, Alessandri E, et al. Rescue treatment for noninvasive ventilation failure due to interface intolerance with remifentanyl analgesedation: a pilot study. *Intensive Care Med* 2010;36(12):2060-5.
7. Hilbert G, Clouzeau B, Nam Bui H, Vargas F. Sedation during non-invasive ventilation. *Minerva Anestesiol* 2012;78(7):842-6.
8. Riker RR, Picard JT, Fraser GL. Prospective evaluation of the Sedation-Agitation Scale for adult critically ill patients. *Crit Care Med* 1999;27:1325-9.
9. Glass PS, Bloom M, Kearse L, et al. Bispectral analysis measures sedation and memory effects of propofol, midazolam, isoflurane, and alfentanil in healthy volunteers. *Anesthesiology* 1997;86(4):836-47.
10. Sessler CN, Gosnell MS, Grap MJ, et al. The Richmond Agitation-Sedation Scale: validity and reliability in adult intensive care unit patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:1338-44.
11. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR, Goodwin R. Controlled sedation with alphaxalone-alpha-dolone. *BMJ* 1974;2:656-9.
12. Yıldırım F, Kara İ, Ortaç Ersoy E. Sedation during noninvasive mechanical ventilation. *Tuberk Toraks* 2016;64(3):230-39.

13. Huang Z, Chen YS, Yang ZL, Liu JY. Dexmedetomidine versus midazolam for the sedation of patients with non-invasive ventilation failure. *Intern Med* 2012;51(17):2299-305.
14. Devlin JW, Al-Qadheeb NS, Chi A, et al. Efficacy and safety of early dexmedetomidine during noninvasive ventilation for patients with acute respiratory failure: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot study. *Chest* 2014;145(6):1204-12.
15. Senoglu N, Oksuz H, Dogan Z, et al. Sedation during noninvasive mechanical ventilation with dexmedetomidine or midazolam: a randomized, double-blind, prospective study. *Curr Ther Res Clin Exp* 2010;71:141-53.
16. Uzun K, Duran Ü, Teke T. Noninvaziv mekanik ventilasyonun mortaliteye etkisi ve başarıyı etkileyen faktörler. *Genel Tıp Derg* 2011;21(2): 57-63.
17. Muriel A, Peñuelas O, Frutos-Vivar F, et al. Impact of sedation and analgesia during noninvasive positive pressure ventilation on outcome: a marginal structural model causal analysis. *Intensive Care Med* 2015;41(9):1586-600.



# Bronkoskopide Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulaması

Serpil Öcal

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

## GİRİŞ

Yoğun bakım ünitelerinde solunum yetmezliği nedeniyle yatış sık görülmektedir ve önemli bir mortalite ve morbidite nedenidir. Solunum yetmezliğinin en sık nedeni KOAH ve pnömonidir. Epidemiyolojik çalışmalar popülasyon yaşlandığını önümüzdeki 20 yıl içinde solunum yetmezliğinin %80'e ulaşacağını öngörmektedir. Sıklıkla KOAH hastalarında kullanılmakla birlikte kardiyojenik pulmoner ödem, immünsüpresyon ve akciğer rezeksiyonu sonrası gelişen hipoksemik solunum yetmezliğinde de kullanılmaktadır. NİV uygulanan kritik hastalarda bronkoskopi gereksinimi olmaktadır. Toplum yada hastane kökenli pnömonide mikroorganizmanın izolasyonu, intertisyel akciğer hastalarında ayırıcı tanı ve akciğer kanseri ön tanısı ile biyopsi yapmak için FOB kullanılabilir. FOB ile bronkoalveoler lavaj (BAL), korumalı fırça, transbronşial ince iğne aspirasyonu, transbronşial akciğer biyopsi ve endobronşial USG yapılabilir (1).

Rijit bronkoskopi trakeal ya da bronşial darlığı açmak için lazer, argon plazma ve stent yerleştirme gibi girişimsel işlemlerde, masif hemoptizi ve özellikle çocuklarda inhale yabancı cisim aspirasyonunda kullanılmaktadır. Bu bölümde fleksible bronkoskobinin kritik hastada kullanım endikasyonları, kontrendikasyon, komplikasyonları ve pratik uygulamada anlatılacak noktalardan bahsedilecektir.

## Endikasyon

Yoğun bakım ünitesinde solunum yetmezliği olan hastaya tanısız, tedavi amaçlı ya da hem tanısız hemde tedavi amaçlı bronkoskopi yapılması planlanabilir. NİV uygulanan ve balgam çıkaramayan pnömoni ön tanısı veya şüphesi olan hastalarda mikrobiyolojik örnek almak için bronkoskopiden sıklıkla yararlanılmaktadır. Özellikle immünsupresif hastalarda *Pneumocystis jiroveci*, fungal ve mycobacteri için BAL örneği alınması gerekmektedir.

## Tanısal Bronkoskopi Endikasyonları

- İnfeksiyonlar
  - Hastanede gelişen pnömoni
  - Bağışıklığı baskılanmış hastalarda gelişen pnömoni
  - Viral ya da fungal enfeksiyon şüphesi
  - Toplumda gelişen pnömoni-nadiren
- Fokal veya difüz akciğer lezyonları (infiltrasyon/kitle)
- İnterisyel akciğer hastalıkları
- Havayolu travması
  - Künt travma
  - Entübasyon hasarı
  - Post-operatif bronş güdük yeri kontrolü
- Lokalize stridor ya da wheezing
- Fistül
- Akut inhalasyon hasarının şiddetinin ve riskinin belirlenmesi
- Akciğer transplantasyonu

## Tanısal bronkoskopi endikasyonları

- Lober ya da total akciğer atelektazi
- Havayolu temizliği
- Masif hemoptizi
- Yabancı cisim çıkarılması
- Trakeaözefagiyal fistül için stent yerleştirilmesi
- Üst havayolları ve vokal kord fonksiyonlarının değerlendirilmesi

Antonelli ve ark. şiddetli hipoksemisi ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 100$  mmHg) ve pnömoni şüphesi olan immünkompromize 8 hastaya BAL yapmak için ilk NİV ile bronkoskopi uygulamasını yapmışlardır. NİV hastalar tarafından iyi tolere edilmiş ve endotrakeal entübasyon ihtiyaçları olmamıştır. Bu hastalarda pnömoni etkeni izole edilebilmiş ve altı hasta tedaviye iyi yanıt vermiştir. Daha sonra hiperkapnik solunum yetmezliği nedeniyle YBÜ yatan KOAH hastalarında pnömoni etken izolasyonu için FOB yapılmıştır. Hastaların



başlangıç  $\text{PaO}_2$   $53 \pm 13$  mmHg ve  $\text{PaCO}_2$   $67 \pm 11$  mmHg iken, FOB sonrası kötüleşme olmamış ve komplikasyon izlenmemiştir (2).

Bu konuda yapılan randomize kontrollü çalışmalardan biri  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$  mmHg olan 30 hipoksemik hastada CPAP ve yüksek akımlı oksijen maskesi altında bronkoskopi uygulanmıştır. CPAP grubunda bronkoskopi sırasında ve sonrasında 30 dakika süreçte istatistiksel olarak anlamlı yüksek  $\text{SpO}_2$  değerleri izlenmiştir. Sadece oksijen desteği alan hastalardan 1'ine NİV, 4'üne İMV desteği gerekirken, CPAP grubunda böyle bir müdahale gerekmemiştir (3). Bunu Takip eden ikinci RCT çalışmada ise  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$  mmHg olan 26 hastada yapılmıştır. Ondört hasta NİV desteğiyle iken 13 hastaya ventüri desteğiyle bronkoskopi uygulanmıştır. FOB prosedürü uygulanırken ortalama  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  oranı NİV grubunda %82 artarken konvansiyonel oksijen desteğinde %10 azalmıştır (4).

### **Kontrendikasyon**

Kritik hastada yeterli eğitim almış ve deneyimli eller tarafından yapıldığında çok az kesin kontrendikasyon bulunmaktadır.

#### **Kesin kontrendikasyon**

- Yeterli oksijenizasyon ve ventilasyonun sağlanamaması
- Yeterli eğitim ve deneyimin olmaması
- Komplikasyon geliştiğinde müdahale edebilecek malzeme, ilaç ve ekipman eksikliği
- Hasta veya hasta yakınının izin vermemesi

#### **Rölatif kontrendikasyon**

- Akut myokard infarktüsü sonrası 48 saat
- Unstabil angina
- Status astmatikus/aktif bronkospazm
- %100 oksijen desteğine rağmen  $\text{SpO}_2 < \%90$
- Pnömotoraks
- NİV'de yüksek PEEP uygulanıyorsa
- Şiddetli pulmoner arteriyel hipertansiyon
- Artmış intrakranial basınç
- Şiddetli hemodinamik instabilite
- Unstabil aritmi
- Şiddetli asidoz  $\text{pH} < 7.2$

## Komplikasyonlar

Kritik hastalarda bronkoskopi yapılırken hastayla ilgili faktörler ve yapan bronkoskopistin tecrübesi komplikasyonları etkilemektedir. Bronkoskopi işleminde işlemle ilgili ya da yapılan anesteziyle ilişkili komplikasyonlar izlenebilir. Yoğun bakımda yatan kritik hastada solunum mekaniğini etkileyerek hipoksemi ve hiperkapniyi kötüleştirilebilir (5).

Bronkoskop trakeal lümenin %10-15'ini kapatmaktadır. Bu şekilde havayolu rezistansı artmakta, pik havayolu basıncı artmakta, azalmış tidal volüm ve artmış PEEP'e neden olmaktadır yani solunum iş yükü artmaktadır (6,7). Özellikle solunum kas yorgunluğu ciddi olan hastalarda hızlı yüzeysel solunuma geçmesi nedeniyle invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı olabilir. Ayrıca, bronkoskopi sürecinde ekspirasyonda artan direnç nedeniyle özellikle KOAH hastalarında intrinsik PEEP yani hiperinflasyon gelişebilir.

Bronkoskop trakeaya girdiğinde hipoksemi görülebilir. Özellikle alveolar kollapsdan dolayı dinamik ve statik kompliyansda değişiklikler görülmektedir. Sık sık aspirasyon yapılması ve salinle yıkama sonrasında sürfaktan kaybı olmasında kompliyans azalmasında etkili olmaktadır. FOB ile PaO<sub>2</sub>'de 10-20 mmHg arasında düşüş görülebilir. Hiperkapni havayolu obstrüksiyonu sonrası gelişen hipoventilasyon sonucu görülebilir. Üst havayollarında bulunan subepitelyal vagal reseptörlerin stimülasyonu sonucu gelişen bronkospazmda gaz alış-verişini etkilemektedir. Bu nedenle aspirasyonun üç saniye geçmemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca, uygulanan sedo-analjezide hipoventilasyon yaratarak gaz alış-verişini bozabilir. Bronkoskopi işlemi bittikten sonra pulmoner değişiklikler devam edebilir, normal kişilerde 15 dakika düzelerken hastalarda birkaç saat devam edebilir (5,8).

FOB'un indirekt etkisi anlamlı hemodinamik değişikliklere neden olmasıdır. Hipoksemi ve hiperkapni pulmoner vasküler rezistansı artırmaktadır. İntratorasik basınçtaki değişiklikler venöz dönüşü ve ardyükü etkilemektedir ve kardiyak outputu azaltmaktadır. Ancak prosedüre bağlı gelişen sempatik deşarj sonrası kardiyak output genel olarak artmaktadır. Havayolunda mekanik irritasyon, hipoksemi ve hiperkapniye sekonder refleks sempatik yanıt kan basıncında, kalp hızında, pulmoner arter basıncında ve kardiyak indekste artışa neden olmaktadır. FOB yapılan hastaların %10-40'ında kardiyak aritmi geliştiği raporlanmıştır. Özellikle daha önceden kalp hastalığı olan hastalarda kalp yetmezliği ve pulmoner ödem ve akut koroner sendrom gelişebilir.

FOB tebrübeli ellerde oldukça güvenli bir prosedürdür ve komplikasyonu düşüktür. Mortalite oranı %0-0.05 (9) ve komplikasyon oranı %4 (10). Komplikasyonlar aşağıda sunulmuştur.

## Komplikasyonlar

### 1. Topikal anestezi

- Solunum arresti
- Kardiyovasküler kollaps
- Lokal anestezi toksitesisi

### 2. Bronkoskopi

- Havayolu obstrüksiyon
- Laringospazm
- Bronkospazm
- Hipoksemi
- Kardiyak aritmi
- Hipotansiyon
- Vazovagal reaksiyon
- Pnömoni
- Pulmoner ödem
- Hemoraji

### 3. Biyopsi ya da fırçalama

- Pnömotoraks
- Hemoraji

## Prosedür

Bronkoskopi bakımı, idamesi ve enfeksiyon kontrolü özellikle yoğun bakımlarda önem kazanmaktadır. Yoğun bakım için bronkoskop alındığında bir yardımcı personel kullanımı ve temizliği için özel eğitim almalıdır. NİV özellikle hasta en az iki saatlik açlık süresi sonrası lokal anestezi yapılarak olmalıdır. Prosedür için gerekli malzemeler:

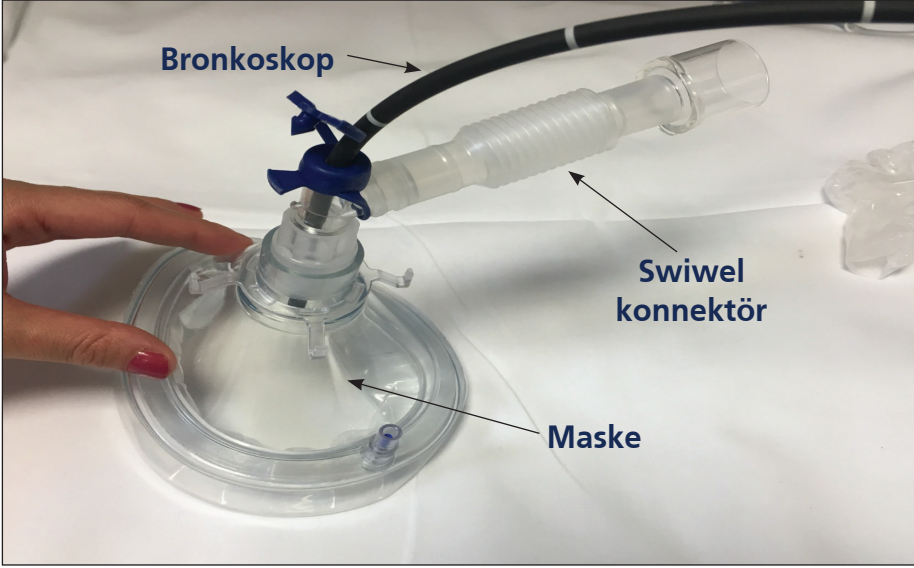
- Fleksible bronkoskop, ışık kaynağı, aspirator ve bronkoskopa bağlamak için aspirator hortumu, oksijen desteği, monitörizasyon, resüsitasyon ve acil entübasyon için gerekli malzemeler hazırlanmalı (**Resim 1**).
- Öncelikle uygun maske, T adaptör- swivel konektör, devre, mekanik ventilatör, jel, ağızlık hazırlanmalıdır. Hastaya yapılacak prosedüre göre BAL kabı, biyopsi fırçaları ve froceps, patoloji örnek için kaplar planlanmalıdır. Uygun maske oronazal ya da tam yüz maskesi tercih edilir. Bu maskeler alınırken şartnamede bronkoskopi yapıla-



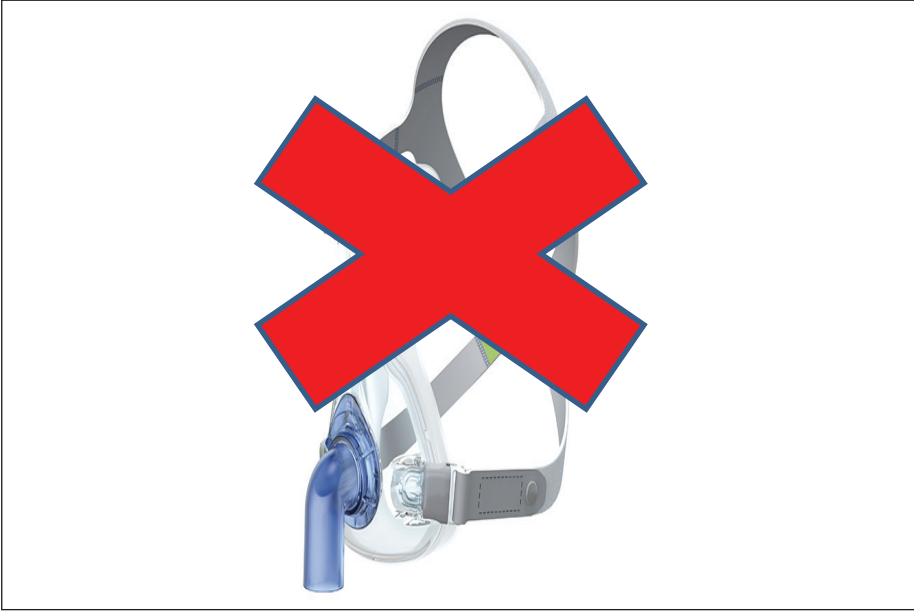
**Resim 1.** Bronkokopi öncesi ekip hazırlığı. Bronkokopi elinde tutan doktor, özel eğitim almış hemşiremiz ve ortada fizyoterapistimiz yer almaktadır. Bronkoskopumuz video bronkoskop ve 5 mm inceliktedir.

bilmesi için ara konektör talebinde bulunulmalıdır. Eğer ara konektör yoksa T adaptör takılarak bronkoskobun kırılmadan geçişi sağlanmalıdır. Eğer bu şekilde maskeniz yoksaambu maskesi kullanabilirsiniz. **Resim 2**'de bronkoskopun maskeden geçerek hastanın burun deliğine ulaşması T adaptör- swivel konnektör ve maske bağlantısı görülmektedir. **Resim 3**'teki gibi maseknin üzerinde dirsekli çıkış mevcut ise buradan bronkoskop yerleştirilmeye çalışılmamalıdır. Bronkoskop zarar görebilir. Maske tam yüze yerleştirilmeden önce bronkoskop en az sürtünme etkisi yaratılmak için jellenerek önce maske içinden sonrada bronkoskopistin tecrübesine göre nazal ya da oral yerleştirildikten sonra maske bir yardımcı tarafından yüze yerleştirilir ya da bağları ile bağlanır. Eğer oral yoldan girilecekse hastanın bronkoskobu ısırması için ağızlık konulmalıdır.

- Hipoksik ya da hiperkapnik solunum yetmezliğinde P<sub>insp</sub> 15-17 cmH<sub>2</sub>O ve PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O,
- Bronkokopi sırasında FiO<sub>2</sub> %100 ayarlanır, sonrasında SpO<sub>2</sub> 92 olacak şekilde ayarlanmalı,
- NIV'de bronkokopi hasta stabil dahi olsa maksimum 30 dakika yapılmalı,



**Resim 2.** NİV uygulamak için maske ve konektör ayarlanması, bronkoskop konektörünün arkasındaki minik kapak açılarak içeri narince itilmektedir.



**Resim 3.** NİV maskede direkt konektör için bağlantı yeri yok ve dirsekli ise bronkoskop yapılmaya çalışılmamalı, bronkoskop zarar görmektedir.

- Helmet maske kullanılan hipoksemik hastalarda Pnsp 10-20 cmH<sub>2</sub>O ve PEEP 8-15 cmH<sub>2</sub>O.

### Bronkoskopi öncesi kontrol listesi

- Bronkoskopi endikasyonu uygun.
- Hastadan onam formu alındı.
- Daha önce bronkoskopi uygulanmış (yanıt evet ise herhangi bir komplikasyon gelişmiş mi?)
- Hasta/hasta yakınına bronkoskopi öncesi bilgilendirme yapıldı.
- Hastaya sedasyon ve lokal anestezi uygulandı.
- Hastaya NİV desteğiyle bronkoskopi planlanıyor. NİV için gerekli malzemeler sağlandı (uygun maske, T adaptör- swivel konektör, devre, mekanik ventilatör, jel, ağızlık).
- Hasta bronkoskopiden önce (astım ve KOAH için bronkodilatör ve kortikosteroid, hipertansiyonu için antihipertansif ve bakteriyel endokardit için profilaksi) veya bronkoskopi sırasında (acil entübasyon ve sedasyon) özel önlemler alındı.
- Bronkoskopi komplikasyonlarını önleyecek tüm personel ve donanım mevcut.

### Sonuç

Kritik hastada ülkemizde de bronkoskopi uygulamaları artmaktadır. Solunum destek tedavileri ile bronkoskopi tecrübeli doktorlar tarafından güvenle yapılabilmektedir. Mekanik ventilatörde yapılacak özel ayarlarla solunum mekaniği desteklenerek bronkoskopi işlemi yapılabilmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. British Thoracic Society Bronchoscopy Guideline Group. British thoracic society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. *Thorax*. 2013;68 (suppl 1): 1-44.
2. Antonelli M, Conti G, Riccioni L, et al. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask during bronchoscopy with BAL in high-risk hypoxemic patients. *Chest* 1996;110:724-8.
3. Maitre B, Jaber S, Maggiore SM, et al. Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoksemic patients. A randomized double-blind study using a new device. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:1063-7.
4. Antonelli M, Conti G, Rocco M, et al. Non-invasive positive pressure ventilation vs conventional oxygen supplementation in hypoxemic patients undergoing diagnostic bronchoscopy. *Chest* 2002; 121:1149-54.

5. Raffaele Scala. *Noninvasive Mechanical Ventilation During Bronchoscopy*. In: Esquinas AM, ed. *Noninvasive mechanical ventilation 2010*:77-82.
6. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. *British Thoracic Society Bronchoscopy Guideline Group. British thoracic society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE*. *Thorax* 2013;68 (Suppl 1): 41-44.
7. Wahidi MM, Herth FJ, Ernst A. *State of the art: interventional pulmonology*. *Chest* 2007;131:261-74.
8. Kaya A, Çiledağ A. *Yoğun Bakım Hastalarında Bronkoskopi*. In: Metintaş M, ed. *Bronkoskopi*. Ankara: Poyraz Tıbbi Yayıncılık San. ve Tic. Ltd. Şti. 2008:365-72.
9. Silver MR, Balk RA. *Bronchoscopic procedures in the intensive care unit*. *Crit care Clin* 1995;11 (1):97-109.
10. Olopade CO, Prakash UBS. *Bronchoscopy in the Critical-Care Unit*. *Mayo Clin Proc* 1989;64:1255-63.





# Akut Hipoksemik Solunum Yetmezliğinde Noninvaziv Mekanik Ventilasyon

Kazım Rollas

Atatürk Devlet Hastanesi, Yoğun Bakım Ünitesi, Zonguldak

## GİRİŞ

Noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) entübasyon gerektirmeden mekanik ventilasyon desteği sağlama yoludur. Hipoksemik solunum yetmezliği  $PaO_2/FiO_2 \leq 300$  mmHg olması olarak tanımlanır. Genellikle bu tip solunum yetmezliğinin NİV ile tedavisi, hiperkapnik solunum yetmezliğinin tedavi edilmesinden daha zordur. Üstelik endotrakeal entübasyonun gecikmesine bağlı mortalite oranında olası bir artış (1) nedeniyle NİV kullanımı dikkat gerektirmektedir.

Hipoksemik hastada NİV kullanımının gerekçesi hipoksemiye neden olan akciğer yetmezliği nedeni ortadan kalkıncaya kadar destek tedavisi ve solunum yetmezliğinin devamı durumunda solunum kaslarının iş yükünü azaltmaktır. Öncelikle semptomatik iyileşme sağlanmasıyla birlikte, NİV'in zayıf uygulanması veya uygulamaya ara verilmesi durumunda hasta semptomatik olarak kolayca eski durumuna dönebilir. Başlangıçta NİV kullanımı ile fayda sağlansa da alta yatan hastalığın ilerlemesi ile solunum iş yükünü karşılamaya yetmeyebilir.

Klinik pratikte ekspiryum sonu pozitif hava yolu basıncı (PEEP) ve basınç desteği ile birlikte uygulanmaktadır. Sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP) uygulaması inspiryumda destek vermediği için bir ventilasyon modu kabul edilmemektedir (2). PEEP'in artırılması oksijenizasyonda iyileşmeyle sonuçlanır, ancak tek başına solunum kası iş yükünün azaltılmasında başarısız olur (3). Basınç desteği ile solunum kası iş yükü azalmaktadır, ancak yüksek PEEP kadar oksijenizasyona faydası olmamaktadır (3). Klinik pratikte PEEP ve basınç desteği pik basınç 20 cmH<sub>2</sub>O aşmayacak şekilde ayarlanmaya çalışılır. Daha yüksek basınçlar genelde maskeden hava kaçıklarına yol açarak yüksek basınçların oluşumu engellemektedir.

Akut hipoksemik solunum yetmezliği nedenleri, her biri farklı prognoz ve tedavi prensiplerine sahip, çok geniş bir yelpazede değerlendirilebilmekle birlikte bu yazıda su gruplar üzerinde durulacaktır: Akut respiratuvar distres sendromu (ARDS), pnömoni, akut kardiyojenik pulmoner ödem, immün yetmezlikli hastalar, postoperatif solunum yetmezliği ve toraks travması.

## Akut Respiratuvar Distres Sendromu

ARDS hastaları, Berlin tanımlamasına göre, NİV veya invaziv mekanik ventilasyonla sağlanan en az 5 cmH<sub>2</sub>O PEEP uygulaması altında tespit edilen PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> oranına göre hafif, orta ve ağır olarak sınıflandırılmaktadır (4). ARDS hastalarının yönetimini inceleyen LUNG SAFE (Large Observational Study to Understand the Global Impact of Severe Acute Respiratory Failure) çalışmasında bu hastalarda %15 oranında NİV kullanıldığı tespit edilmiştir (5). Bu çalışmada, 2813 hasta değerlendirilmiş, tedavinin başlangıcında NİV uygulananlarda PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub> < 150 mmHg altında ise yoğun bakım mortalitesinin yüksek olduğu bildirilmiştir (5). NİV orta-ağır ARDS hastalarında değil yalnız hafif ARDS olan hastalarda önerilebilir (5,6).

ARDS hastalarını da içeren gözlemsel çalışmalar ve randomize çalışmaların subgrup analizlerinde bu hasta grubunda NİV başarısızlığının ön planda olduğu görölmektedir (7,8). Özellikle şok, metabolik asidoz, ağır hipoksemi ve yüksek hastalık ciddiyeti skorlaması NİV başarısızlığı için bağımsız risk faktörleridir (7). Bu hastalarda sıklıkla entübasyon gerekmektedir.

Geniş prospektif bir çalışmada ARDS hastalarında NİV başarısı %50 olarak bulunmuştur. Bu bazı hastaların NİV den fayda göreceğini gösterse de NİV başarısızlığı durumunda %54 oranında mortalite görölmüştür (9). Bu nedenle ARDS ciddiyeti az olan hastalarda dikkatle uygulanabilir, ancak yakın gözlem altında NİV kullanımıyla başarısız olunuyorsa ve hasta kötüleşiyorsa entübasyon geciktirilmemelidir (9,10). Bu nedenlerle NİV ARDS için rutin tedavi olarak önerilememektedir.

## Pnömoni

NİV, pnömoniyeye bağlı akut solunum yetmezliğinde özellikle erken dönemde fizyolojik iyileşme sağlanması nedeniyle kullanılmakla birlikte, zaman içinde hastaların üçte ikisine varan oranda entübasyon ihtiyacı görölebilmektedir (11). NİV uygulaması ile oksijen tedavisi karşılaştırıldığında entübasyon ihtiyacı azaltılabilmekte, şok gelişimini önleme ve sağkalımda fayda sağlanabilmektedir (8). Ancak NİV'nin entübasyonun alternatifi olarak kullanımı durumunda başarısız olduğu da görölmüştür (12). Benzer ağırlıkta hipoksemisi olan kardiyojenik pulmoner ödem olgularıyla karşılaştırıldığında, NİV pnömonide daha az başarılı bulunmuştur (13). Randomize kontrollü bir çalışmada ağır toplum kökenli pnömonisi olanlarda, sadece KOAH'ı olan alt grupta yoğun bakım kalış süresi, mortalite oranı ile birlikte entübasyon ihtiyacında da azalma olduğu (%21 vs. %50) desteklenmiştir (14).

H<sub>1</sub>N<sub>1</sub> epidemisi sırasında NİV yaygın olarak kullanılmış, başarılı uygulamalar (15) olsa da başarı oranı %40-48 olarak bulunmuştur (16,17). Bununla birlikte NİV'in ciddi viral pnömonilerde kullanımı ile sağlık çalışanlarına bulaş riskinde artış olması konusu açık değildir (18). Sağlık çalışanlarına bulaşmasına yol açması nedeniyle NİV kullanımına çekinceli davranılması gerektiği düşünülmüştü (19). Ancak SARS epidemileri sırasındaki gözlemlerde sağlık çalışanlarına bulaş olmadığı ve NİV uygun bir tedavi yöntemi olduğu ile ilgili veriler vardır (20).

Pnömoninin neden olduğu akut hipoksemik solunum yetmezliğinde NİV uygulandığında hasta yakın gözlem altında tutulmalı ve şok, bilinç kaybı, yoğun pulmoner sekresyon gibi durumlarda NİV yapılmamalı, entübasyon düşünülmelidir. Eşlik eden KOAH'ı olan hastalarda dikkatli gözlem altında NİV kullanımının faydalı olduğu görülmektedir.

## Akut Kardiyojenik Pulmoner Ödem

Çok sayıda randomize kontrollü çalışma ve meta-analiz sonucu kardiyojenik pulmoner ödemde NİV kullanımının etkili ve güvenli olduğunu desteklemektedir (21-26). Standart oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında, CPAP veya Bilevel pozitif hava yolu basıncı (BiPAP) ile solunum sıkıntısında azalma, entübasyon oranında azalma, hastane mortalitesinde azalma izlenmektedir (22, 26).

Kardiyojenik pulmoner ödemde CPAP, BiPAP kadar etkilidir (26). Hiperkapninin eşlik ettiği, dispnenin devam ettiği ve solunum kas işinin etkili bir şekilde azaltılması gerektiği hastalarda BiPAP, CPAP yerine tercih edilmelidir (23,24). NİV ile miyokard enfarktüsü ilişkisi ile ilgili kaygılar (23,26) daha yeni verilerde izlenmemiştir (22,28).

Pozitif basınç uygulaması ile intratorasik basıncın artırılması kalp ön yükü ve ard yükünün azalmasına yol açar. Bu etki sol kalp yetmezliği olan hastalarda kardiyak performansın iyileşmesine katkıda bulunur. Ayrıca, PEEP uygulaması ile fonksiyonel rezidüel kapasitenin artırılması hipoksemiye düzeltmektedir. Bu veriler ışığında akut kardiyojenik pulmoner ödemde NİV tedavisi önerilmektedir.

## İmmün Yetmezlikli Hastalar

Çeşitli hastalıklara bağlı immünsüpresyon gelişen hastalarda enfeksiyon hastalığı gibi önemli komplikasyonları ve entübasyon ihtiyacını azaltması nedeniyle NİV kullanımı önerilmektedir. Bu öneri solid organ transplantasyonu, AIDS, kanser hastaları, kemik iliği transplantasyonu, ilaç ilişkili immünsüpresyon gibi çeşitli immünsüprese hastaları içeren randomize kontrollü çalışmalarla desteklenmektedir (29-32). Pnömoni riskinde azalma ile birlikte entübasyonda azalma sağ kalıma fayda sağlamaktadır (29). İnvaziv mekanik ventilasyona bağlı risklerden kaçınılması gereken hastalarda öncelikle NİV kullanımı tercih edilmelidir.

Hematolojik kanserli hastaları içeren gözlemsel bir araştırmada NİV kullanımı ile %46 başarısızlık saptanmış ve invaziv mekanik ventilasyona göre daha az mortalite izlen-

miştir (33). Ancak hastalık ciddiyeti skoru yüksek olan ve erken entübe edilen hastalarda, NİV'in başarısız olduğu hastalara göre, daha az mortalite görülmüştür (%50 vs. %61) (33). Bu nedenle daha öncede bahsedildiği gibi endotrakeal entübasyonun gecikmesine bağlı mortalite oranında olası bir artış nedeniyle NİV kullanımı dikkat gerektirmektedir (1). Erken dönemde NİV kullanımıyla başarısız olunuyorsa entübasyon geciktirilmemelidir.

## Post-operatif Solunum Yetmezliği ve Travma

Postoperatif dönemde, özellikle üst abdomen ve torasik cerrahi sonrası, diyafram disfonksiyonu ve ateletazi ile birlikte akciğer volümlerinde azalma görülebilmektedir. Bunun yanında sepsis, sıvı yüklenmesi ve aspirasyon gibi çeşitli akciğer problemleri izlenebilmektedir. Postoperatif solunum yetmezliği durumunda NİV kullanımının yeri vardır (34). Bu amaçla hem CPAP hem de BİPAP, küratif ya da profilaktik olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (35,36).

Akciğer rezeksiyonu sonrasında hipoksemik solunum yetmezliği gelişen hastaları içeren bir çalışmada NİV kullanımı ile standart oksijen tedavisine göre entübasyon %50'den %21'e kadar ve hastane mortalitesi azalmıştır (36). Jaber ve ark.nın prospektif çalışmalarında, abdominal cerrahi sonrası NİV kullanımı ile entübasyonun %67 oranında azaltılabildiği, NİV'nin başarılı olduğu hastalarda oksijenizasyonda iyileşme ve solunum sayısında azalma sağlanabildiği bildirilmiştir (37). NİV postoperatif hastalarda önerilebilecek bir seçenek olarak görülmektedir.

Torasik travma hastalarında da hipoksemik akciğer yetmezliği gelişimi durumunda NİV tercih edilebilecek bir seçenektir. Torasik travma hastalarını içeren randomize kontrollü bir çalışmada persistan hipoksemisi olanlarda oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında NİV, entübasyon oranlarında belirgin azalma sağlamıştır (%12 vs. %40) (38).

## Özel Durumlarda NİV ve Yüksek Akış Nazal Oksijen

Hipoksemik solunum yetmezliği hastalarında bazı girişim ve uygulamalar sırasında NİV kullanılabilir. Entübasyon öncesi preoksijenizasyon için NİV etkili bir şekilde oksijen sunumu sağlamaktadır (39). Yine bronkoskopi uygulaması sırasında oksijenizasyonu sağlamada, ciddi hipoksemisi olan hastalarda, standart oksijen tedavisinden üstün olduğu raporlanmıştır (40). Hipoksemik solunum yetmezliği olanlarda weaning sırasında NİV kullanımı ile ekstübasyon başarısı, hastane mortalitesi, yoğun bakımda kalış süresinde iyileşme görülmemiştir (41). Mekanik ventilasyondan ayırmak için NİV kullanımı hiperkapnik solunum yetmezliğinde olduğu kadar faydalı olduğu söylenememektedir.

Son yıllarda kullanımı giderek artan yüksek akış nazal oksijen, aktif nemlendirme ve yüksek akım hızları ile düşük CPAP basıncı oluşturarak özel bir nazal kanülle oksijen sunumu sağlayan tekniktir. Bu tekniğin ana kullanım alanı hipoksemik solunum yetmezliğidir. Frat ve ark. akut hipoksemik solunum yetmezliği olan hastalarda yüksek

akış nazal oksijen tekniğini, NİV ve standart yüz maskesi ile karşılaştırmışlardır (42). Entübasyon ihtiyacında üstünlüğü görülmemesine rağmen ventilatörsüz gün sayısı daha yüksek ve 90 günlük mortalite daha düşük bulunmuştur (42). Akut hipoksemik solunum yetmezliğinde başarılı olabilen bu teknik, NİV'nin ayarlanabilir PEEP ve ventilasyon desteği avantajı ile kıyaslandığında, ventilasyona desteğinin ve yüksek akımlarda PEEP etkisinin minimal olması nedeniyle, NİV'nin tam bir alternatifi olarak görülmemelidir. Yüksek akış nazal oksijen tekniği, oksijen desteği ile mekanik ventilasyon desteği tercihi arasında kalınan akut hipoksemik solunum yemeziği durumlarında dikkatli bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

## Sonuç

Mekanik ventilasyon akut veya kronik solunumsal hastalığın akut alevlenme döneminde, neden olan durum düzeleneye kadar destek tedavisi olarak kullanılabilir. Akut hipoksemik solunum yetmezliği nedenleri her biri farklı fizyopatolojiye ve prognoza sahip geniş bir hastalık grubudur. Bu nedenle hipoksemik solunum yetmezliği durumunda NİV tercihi alta yatan hastalığa göre bireysel değerlendirilmek durumundadır. Entübasyonda gecikmeye bağlı mortalite görülebileceği göz önünde bulunularak hasta seçimi doğru yapılmalıdır. Uygun hastada yakın gözlem altında başarılı sonuçlar verebilmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Demoule A, Girou E, Richard JC, Taille S, Brochard L. Benefits and risks of success or failure of noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 2006;32:1756-165.
2. International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163: 283-91.
3. L'Her E, Deye N, Lellouche F, et al. Physiologic effects of noninvasive ventilation during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2005;172(9):1112-8.
4. Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition. *JAMA* 2012; 307(23):2526-33.
5. Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Noninvasive Ventilation of Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. Insights from the LUNG SAFE Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2017;195(1):67-77.
6. Ferguson ND, Fan E, Camporota L, et al. The Berlin definition of ARDS: an expanded rationale, justification, and supplementary material. *Intensive Care Med* 2012;38(10):1573-82.
7. Rana S, Jenad H, Gay PC, et al. Failure of non-invasive ventilation in patients with acute lung injury: observational cohort study. *Crit Care* 2006;10: R79.
8. Ferrer M, Esquinas A, Leon M, et al. Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure: a randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 1438-44.
9. Antonelli M, Conti G, Moro ML, et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multi-center study. *Intensive Care Med* 2001;27(11):1718-28.

10. Rocker GM, Mackenzie MG, Williams B, Logan PM. Noninvasive positive pressure ventilation: successful outcome in patients with acute lung injury/ARDS. *Chest* 1999; 115: 173-7.
11. Jolliet P, Abajo B, Pasquina P, Chevrolet JC. Non-invasive pressure support ventilation in severe community-acquired pneumonia. *Intensive Care Med* 2001; 27: 812-21.
12. Honrubia T, Garcia Lopez FJ, Franco N, et al. Noninvasive versus conventional mechanical ventilation in acute respiratory failure. A multicenter, randomized controlled trial. *Chest* 2005;128: 3916-24.
13. Domenighetti G, Gayer R, Gentilini R. Noninvasive pressure support ventilation in non-COPD patients with acute cardiogenic pulmonary edema and severe community-acquired pneumonia: acute effects and outcome. *Intensive Care Med* 2002;28(9): 1226-32.
14. Confalonieri M, Potena A, Carbone G, et al. Acute respiratory failure in patients with severe community-acquired pneumonia: a prospective randomized evaluation of noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:1585-91.
15. Timenetsky KT, Aquino SH, Saghabi C, et al. High success and low mortality rates with non-invasive ventilation in influenza A H1N1 patients in a tertiary hospital. *BMC Res Notes* 2011;4:375.
16. Masclans JR, Pérez M, Almirall J, et al. H1N1 GTEI/SEMICYU Investigators. Early non-invasive ventilation treatment for severe influenza pneumonia. *Clin Microbiol Infect* 2013;19(3):249-56.
17. Nicolini A, Tonveronachi E, Navalesi P, et al. Effectiveness and predictors of success of non-invasive ventilation during H1N1 pandemics: a multicenter study. *Minerva Anestesiol* 2012; 78(12):1333-40.
18. McCracken J. Should noninvasive ventilation be considered a high risk procedure during an epidemic? *CMAJ* 2009;181(10):663-64.
19. Fowler RA, Guest CB, Lapinsky SE, et al. Transmission of severe acute respiratory syndrome during intubation and mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169: 1198-1202.
20. Han F, Jiang YY, Zheng JH, Gao ZC, He QY. Noninvasive positive pressure ventilation treatment for acute respiratory failure in SARS. *Sleep Breath* 2004; 8: 97-106.
21. Masip J, Betbese AJ, Paez J, et al. Non-invasive pressure support ventilation versus conventional oxygen therapy in acute cardiogenic pulmonary oedema: a randomised trial. *Lancet* 2000;356: 26-32.
22. Gray A, Goodacre S, Newby DE, et al. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *N Engl J Med* 2008;359:142-51.
23. Mehta S, Jay GD, Woolard RH, et al. Randomized prospective trial of bilevel versus continuous positive airway pressure in acute pulmonary edema. *Crit Care Med* 1997; 25: 620-8.
24. Nava S, Carbone G, DiBattista N, et al. Noninvasive ventilation in cardiogenic pulmonary edema. A multi-center, randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168:1432-7.
25. Masip J, Roque M, Sanchez B, et al. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. Systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2005; 294: 3124-30.
26. Agarwal R, Aggarwal A N, Gupta D. Is noninvasive pressure support ventilation as effective and safe as continuous positive airway pressure in cardiogenic pulmonary oedema? *Singapore Med J* 2009;50(6) :596.
27. Winck JC, Azevedo LF, Costa-Pereira A, et al. Efficacy and safety of non-invasive ventilation in the treatment of acute cardiogenic pulmonary edema: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2006;10: R69.

28. Ferrari G, Olliveri F, De Filippi G, et al. Non-invasive positive airway pressure and risk of myocardial infarction in acute cardiogenic pulmonary edema: continuous positive airway pressure versus non-invasive positive pressure ventilation. *Chest* 2007; 132:1804-09.
29. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, et al. Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever, and acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001;344: 481-7.
30. Antonelli M, Conti G, Bui M, et al. Noninvasive ventilation for treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation: a randomized trial. *JAMA* 2000;283:235-41.
31. Depuydt PO, Benoit DD, Vandewoude KH, Decruy-enaere JM, Colardyn FA. Outcome in non-invasively and invasively ventilated hematologic patients with acute respiratory failure. *Chest* 2004;126:1299-306.
32. Confalonieri M, Calderini E, Terraciano S, et al. Noninvasive ventilation for treating acute respiratory failure in AIDS patients with *Pneumocystis carini* pneumonia. *Intensive Care Med* 2002;28:1233-8.
33. Gristina GR, Antonelli M, Conti G, et al; GiViTI (Italian Group for the Evaluation of Interventions in Intensive Care Medicine). Noninvasive versus invasive ventilation for acute respiratory failure in patients with hematologic malignancies: a 5-year multicenter observational survey. *Crit Care Med* 2011;39(10):2232-9.
34. Jaber S, Michelet P, Chanques G. Role of non-invasive ventilation (NIV) in the perioperative period. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2010;24(2):253-65.
35. Zarbock A, Mueller E, Netzer S, Gabriel A, Feindt P, Kindgen-Milles D. Prophylactic nasal continuous positive airway pressure following cardiac surgery protects from postoperative pulmonary complications: a prospective, randomized, controlled trial in 500 patients. *Chest* 2009;135(5):1252-9.
36. Auriant I, Jallot A, Hervé P, et al. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(7):1231-5.
37. Jaber S, Delay JM, Chanques G, et al. Outcomes of patients with acute respiratory failure after abdominal surgery treated with noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 2005;128(4): 2688-95.
38. Hernandez G, Fernandez R, Lopez-Reina P, et al. Noninvasive ventilation reduces intubation in chest trauma-related hypoxemia: a randomized clinical trial. *Chest* 2010;137(1):74-80.
39. Baillard C, Fosse JP, Sebbane M, et al. Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;174(2):171-77.
40. Antonelli M, Conti G, Rocco M, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation vs. conventional oxygen supplementation in hypoxemic patients undergoing diagnostic bronchoscopy. *Chest* 2002;121(4):1149-54.
41. Vaschetto R, Turucz E, Dellapiazza F, et al. Noninvasive ventilation after early extubation in patients recovering from hypoxemic acute respiratory failure: a single-centre feasibility study. *Intensive Care Med* 2012;38(10):1599-606.
42. Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al. High-Flow Oxygen through Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *N Engl J Med* 2015;372:2185-96.





# Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı Akut Alevlenmede Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Kullanımı

Fatma Yıldırım

*SBÜ, Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

## GİRİŞ

Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) çoğunlukla sigaraya bağlı ortaya çıkan, progresif, parsiyel geri dönüşümlü havayolu obstrüksiyonu ve akciğer hiperinflasyonu ile karakterize bir hastalıktır. Bunun yanı sıra sistemik bulguları ve değişen sıklık ve ciddiyette alevlenmelerle karakterizedir. Akut alevlenme nefes darlığında, öksürük ve balgamda sürekli artış ve kötüleşme ile seyreden mevcut ilaç kullanımının arttığı ya da ek medikasyonlara gerek duyulan bir durumdur (1). Akut alevlenmelerin yönetimi KOAH hastalarında yapılan sağlık harcamalarının büyük bir kısmını oluşturur. Bunun yanı sıra alevlenmeler hastanede kalış süresini ve mortaliteyi artırır (2). Akut alevlenmelerin konvansiyonel yönetimi oksijen tedavisi, alevlenmeye sebep olan altta yatan nedenin tedavi edilmesi ve havayolu direncini azaltmak için bronkodilatör ile anti-inflamatuvar ilaçlar ve antibiyotik tedavisinden oluşur. Oksijen tedavisinin fizyolojik yararı hipoksemiden kaynaklanan pulmoner vazokonstrüksiyonu azaltması, pulmoner arter basıncını düşürmesi, bu şekilde sağ kalbin gerilimi azaltarak kardiyak iskemiyi önlemesidir. KOAH hastalarında oksijen desteği hiperkapniyi ağırlaştırabilir, bu konuda alveoler ölü boşluğu artırması dominant rol oynamakla birlikte ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğunu artırır. Standard tedavi ile bu etkileri ortadan kaldırmak mümkün olmayabilir, entübasyon gerekebilir ve invaziv mekanik ventilasyonun KOAH hastalarında birçok yan etki ve komplikasyonları mevcuttur. NİV'in KOAH hastalarında hastane kökenli pnömoni (entübe hastalarla karşılaştırıldığında), entübasyon oranını ve mortaliteyi azalttığı birçok çalışmada gösterilmiştir (3-6).

Şimdiye kadar yapılmış çalışmaların kanıt düzeylerine bakıldığında KOAH akut alevlenmeye bağlı hiperkapnik solunum yetmezliğinde olan hastalar NİV'den en fazla fayda

gören hasta gruplarından biridir. İki temel durumda KOAH hastalarına NİV uygulanmaktadır: Birinci alevlenme nedeniyle hiperkapnik solunum yetmezliği gelişmesi durumunda, ikincisi KOAH atak nedeniyle entübe olan hastalarda weaning stratejisi olarak.

## I. Akut alevlenmede Hiperkapnik Solunum Yetmezliğinde NİV Kullanımı

Son 20 yıldır, alevlenme nedeniyle hastaneye yatışı gereken KOAH hastalarında NİV kullanım oranı hızla artmıştır. NİV hastanın üst solunum yollarına maske ile pozitif basınçlı hava yollamak şartıyla uygulanır ve alevlenme nedeniyle hiperkapnik solunum yetmezliğindeki (Tip II solunum yetmezliği) KOAH hastalarını invaziv mekanik ventilasyonun birçok komplikasyonundan koruyan faydalı bir uygulamadır. "Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)" tarafından da her alevlenme nedeniyle dekompanze KOAH hastasında kontrendikasyon olmadığı sürece NİV güçlü kanıt düzeyinde ilk tedavi seçenekleri arasında önerilmektedir (7).

Hastalığın seyrindeki önemli bir nokta inspirasyon zamanının kısalmasıdır. Bu durum total akciğer kapasitesinin (TAK) azalması ve solunum sayısının artması ile sonuçlanır. Solunum eforunun bir göstergesi olan kasların basınç zaman ürünü (pressure-time product) normalde 100 cmH<sub>2</sub>O/dakika olması gerekirken, KOAH akut atak hastalarında bu değer 200'ün üstüne çıkar. Hava yolu obstrüksiyonu nedeniyle ekspiryum süresinin uzamasına rağmen, alveolar boşalma yavaşladığından, ekspiryum tamamlanamadan yeni bir inspiryum başlar. Bu süreç normalde ekspiryum sırasında sıfır olması gereken toplam hava yolu basıncının, pozitif olması ile sonuçlanır. Bu duruma intrensek PEEP (Intrinsic Positive End Expiratory Pressure: Pozitif ekspiryum sonu basıncı) veya oto-PEEP denilmektedir. İntrensek PEEP bu hastalarda çoğu zaman 3-5 cmH<sub>2</sub>O gibi bir değere yükselmektedir (8). Hastalığın yönetimi özellikle alevlenme dönemlerinde TAK artırma ve sonucunda alveoler ventilasyonu artırma, solunum sayısını azaltma ve bu şekilde bozulmuş solunum fizyolojisini düzeltmeyi amaçlar (9). NİV uygulaması ile solunum iş yükü %30-70, transdiyafragmatik basınç %50-75, diyafragmatik EMG sonuçları %20-90 ve dispne skoru %30-65 oranlarında azaltılabilir (10,11).

KOAH akut alevlenme nedeniyle hiperkapnik ASY'de olan hastalarda NİV başarı oranı %60-95 arasındadır (12-15). Bu demektir ki başarısızlık %5'ten %40'a kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle NİV uygularken KOAH hastaları NİV başarısızlığı için yakın takip edilmelidir. Tüm hastalara nabız, solunum sayısı, oksijen satürasyonu (SpO<sub>2</sub>), noninvaziv kan basıncı takibi yapılmalıdır. NİV başlangıcında, birinci ve ilerleyen saatlerde kontrol arteriyel kan gazları alınmalıdır. NİV'e devam edip edilmeyeceği dikkatlice karar verilmelidir. Birinci saatin sonunda hastanın solunum sayısında azalma, solunum sıkıntısında (yardımcı solunum kaslarının kullanımı, interkostal çekilme, abdominal paradoks solunum) azalma, arteriyel kan gazlarında düzelme (pH ve PaO<sub>2</sub>'de yükselme, PaCO<sub>2</sub>'de düşme), taşikardide azalma olmazsa vakit kaybedilmeden invaziv mekanik ventilasyon düşünülmelidir. Entübasyonun geciktirilmesinin de negatif sonuçlara yol açtığı gösterilmiştir (16,17).

**I. a. Başlangıç NİV ayarları:** Inspiratuvar pozitif havayolu basıncı (İPAP ya da PS) 10 cmH<sub>2</sub>O ve ekspiratuvar pozitif havayolu basıncı (EPAP ya da PEEP) 4 cmH<sub>2</sub>O ile başlanır. Havayolu basınçları hastanın solunum eforuna ve arteriyel kan gazı değerlerine göre 2-5 cmH<sub>2</sub>O artırılması ortalama her 10 dakikada 5 cmH<sub>2</sub>O artırılır. Maksimum havayolu basınçlarının İPAP için 20 cmH<sub>2</sub>O, hastanın intrinsik PEEP düzeyini yenecek düzeyde PEEP uygulaması önerilmesine rağmen EPAP için 8 cmH<sub>2</sub>O geçmemesi önerilir (18). Birçok sistematik derleme ve metanalizde belirtilmektedir ki NİV modları arasında klinik sonuçlar açısından fark yoktur, yoğun bakımdaki mevcut modlar ve merkezin en deneyimli olduğu modun kullanılması önerilmektedir (19).

**I. b. NİV uygulama süresi:** Akut solunum yetmezliğinin ilk zamanlarında, ilk gün 24 saate yakın NİV uygulaması, daha sonra hastanın klinik ve kan gazı değerlerine göre bu sürenin azaltılması ve en az beş saat/gün şeklinde uygulanması önerilmektedir (20). Hilbert ve ark. hiperkapnik ASY'li 30 hastada NİV'i sürekli uygulamak yerine her dört saatte olacak şekilde aralıklı uygulamışlardır ve %80 başarı elde etmişlerdir (21). Plant ve ark. NİV'i tüm hastalarına ilk üç gün boyunca günde en az 12 saat olacak şekilde uygulamışlardır ve %95 başarı bildirmişlerdir (21,22). Çelikel ve ark., daha önceki çalışmalarda gibi hastada klinik yanıt alana ve arteriyel kan gazlarında düzelme olana kadar NİV'yi sürekli uygulamışlardır (ortalama 26.7±16.1 saat) ve %93.4 başarı oranı elde etmişlerdir (5). Yine ülkemizden yapılan Uzun ve ark.'nın çalışmasında NİV başarılı olunan grupta ilk 24 saatte gündüz 5.7±2.6 saat, gece 7.7±2.6 saat uygulanmıştır. Bu çalışmada olguların ASY'den çıkmaları için toplamda ortalama 7.4±5.0 gün NİV uygulanması gerekmiştir (23). Yapılan çalışmalarda, NİV uygulama süresi 4 ile 15 gün arasında değişmektedir (24).

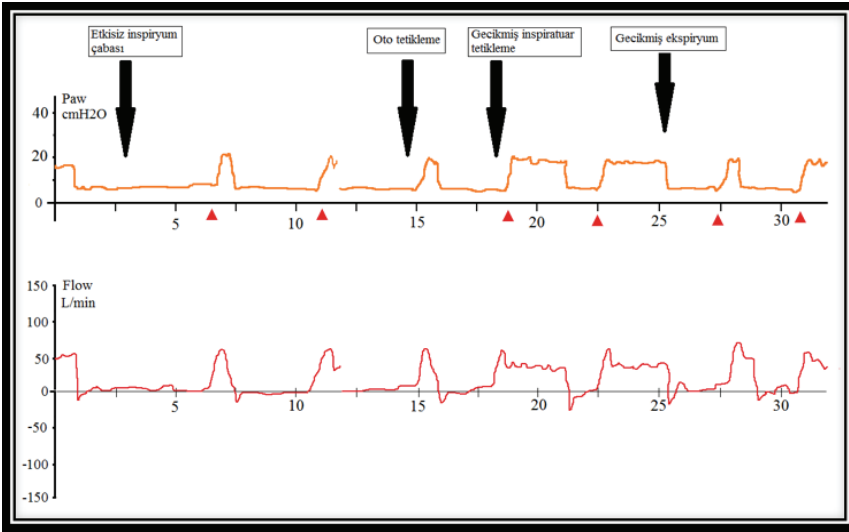
## II. KOAH Akut Alevlenmede NİV Başarısını Etkileyen Faktörler

Bacakoğlu ve ark.'nın KOAH akut alevlenme nedeniyle ASY gelişen hastalarda NİV başarısını etkileyen faktörleri inceledikleri çalışmalarında başarısızlık invaziv mekanik ventilasyon ihtiyacı olarak tanımlanmıştır. NİV başarısı %63.0, erken başarısızlık %20.3, geç başarısızlık %16.7, mortalite %24.0 tespit edilmiştir. NİV başarısızlığı için hastaların demografik özellikleri bakımından fark tespit edilmezken, başlangıçta pnömoni varlığı (%53.8 vs. %31.7) NİV başarısız hastalarda daha fazla oranda bulunmaktaydı. NİV'nin başarısız olduğu grupta arteriyel pH, serum albümin düzeyi ve Glasgow koma skoru daha düşükken, NİV başarılı olan grupta birinci saatin sonunda arteriyel pH daha yüksek, solunum sayısı daha düşük, PaO<sub>2</sub>/FıO<sub>2</sub> oranı daha yüksek bulunmuştur. Hasta sayısının az olduğu bu çalışmada NİV başarısızlığına etki eden bağımsız faktörlerin tespiti için ileri analiz yapılamamıştır (25).

Yakın zamanda Stefan ve ark.'nın yaptığı çalışmada, KOAH alevlenme nedeniyle hastaneye yatırılan hastalarda hastane yükü ve NİV başarısı değerlendirilmiştir (26). NİV ile tedavi edilen 13.893 olgunun değerlendirildiği bu çalışmada NİV başarısızlığı %15.2, hastane mortalitesi %6.5 bulunmuştur. Hasta özellikleriyle düzeltilmiş analiz yapıldı-

ğında hastane yükü NİV başarısızlığını etkileyen bir faktör olarak bulunmazken, hastane mortalitesi, 30 günlük yeniden başvuru ve hastanede kalış süresi üzerine de etkisi olmamıştır. Ko ve ark.nın 218 hastada NİV erken başarısızlığını araştırdıkları çalışmada NİV başarı oranı %91,7 bulunmuştur (27). Kalp hızının 120'nin üzerinde olması (Odds ratio: 2.5, %95 CI 1.2-7.0), pH < 7.25 Odds ratio: 11.7, %95 CI: 3.5-38.8) anlamlı faktörler olarak tespit edilmiştir. Birinci saatin sonunda taşikardi ve pH < 7.25 olması NİV başarısızlığı için anlamlılığını korurken, taşikardi ve asidozun olması ve NİV tedavisine rağmen bunun persistan olup, devam etmesi acil serviste NİV yapılan hastalarda NİV başarısızlığı için bağımsız risk faktörleri olarak belirtilmiştir.

Hasta-ventilatör uyumu KOAH hastalarında da NİV başarısı için önemlidir ve sık görülür. Uyumsuzluk solunum iş yükünün artmasına, rahatsızlık hissine ve NİV başarısızlığına sebep olabilir. NİV sırasında akım ve basınç eğrilerinin dikkatli analizi ile senkronizasyon sağlanabilir (**Şekil 1**). KOAH hastalarında NİV sırasında cycling asenkronisi sık görülür. NİV'de basınç destekli ventilasyonda inspiriyum, hastanın inspiriyum eforu ile oluşan ve ventilatör tarafından tespit edilen akım ya da basıncıdaki değişim (tetikleme) ile başlatılır (28). İspiratuvar basınç desteği inspiriyum sürdükçe azalır ve belirlenen akım yüzdesine düştüğünde sonlanır (ekspiryum sensitivitesi). Buna "cycling" (ekspiryumun başlaması) denir (29). Eski ventilatörlerde ekspiryum sensitivitesi sabit ve %25 olarak ayarlanmıştır. Bu ayarda senkronizasyon uyumsuzluğu sık görülür (30,31), bu durum KOAH hastalarında uzun zaman sabiti nedeniyle daha belirgin olabilir (32). Yeni ventilatörlerde ekspiryum sensitivitesi ayarlanabilir, cycling kriterinin ayarlanması



**Şekil 1.** KOAH hastalarında en sık görülen hasta ventilatör uyumsuzlukları.

<b>Tablo 1.</b> KOAH hastalarında NİV başarısını etkileyen faktörler (12,34,35).
1. Ciddi asidoz (pH < 7.25)
2. Artmış solunum sayısı (> 35/dakika)
3. Birinci saatin sonunda kan gazı değerlerinde (pH, PaO <sub>2</sub> , PaCO <sub>2</sub> ) düzelme olmaması
4. Hastalık ciddiyet skorları (APACHE II, SAPS II) yüksek olması
5. İleri yaş
6. Hasta toleransının kötü olması, hasta-ventilatör uyumsuzluğu
7. Kötü nütrisyonel durum
8. Günlük aktivite performans skorunun düşük olması
9. Yoğun bakım ventilatörleri vs NİV ventilatörler
10. Ekibin deneyiminin düşük olması
<b>APACHE II:</b> Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, <b>SAPS II:</b> Simplified Acute Physiology Score II.

hasta ventilatör uyumunu artırır ve intrinsik PEEP'i azaltır. Gecikmiş ekspiriyuma geçiş ekspiratuvar siklusunu geciktirir ve desteklenmeyen inspiratuvar çabalarına sebep olur. Bu durumda basınç desteği bir sonrası inspiryumda da devam eder ve yüksek intrinsik PEEP'e sebep olur ve ineffektif tetiklemeleri artırır. Moerer ve ark.ları akciğer simülasyonu ile oluşturdukları KOAH modelinde yüz maskesi ve helmet ile basınç desteğini 5-15 cmH<sub>2</sub>O, cycling kriterini %10, 20, 30, 40, 50, 60 ve %70 ayarlayarak gruplar arasında solunum iş yüküne ve intrinsik PEEP oluşumuna bakmışlardır (33). Orta düzeyde cycling ayarının (%30, 40, 50) ekspiriyuma geçişteki gecikmeyi azalttığı, solunum iş yükünü azalttığı, intrinsik PEEP oluşumunu azalttığı gösterilmiştir. Hasta ventilatör arasındaki uyumsuzluğun detayları NİV başarısını etkileyen faktörler bölümünde tartışılmıştır.

### III. KOAH Akut Alevlenmede Weaning Stratejisi Olarak NİV Kullanımı

Akut alevlenme nedeniyle entübe olan KOAH hastalarında invaziv mekanik ventilasyonun sonlandırılması zorlu bir süreç olabilmektedir. Esteban ve ark.nın çeşitli solunum yetmezliği olan hastalarda yaptıkları çalışmada total ventilatör zamanının %40'nın weaning sürecinde geçtiği belirlenmiştir (36). Bu süre KOAH hastalarında daha uzun olabilmektedir. Artmış intrinsik PEEP, artmış havayolu direnci ve hiperinflasyon nedeniyle solunum kasları yeterli basınç oluşturamamaktadır. Kas yorgunluğu ve gaz değişimindeki yetersizlik de KOAH hastalarında weaning başarısızlığına sebep olabilmektedir. NİV KOAH hastalarında hipoksemiye düzeltip, hiperkapniyi ve hızlı yüzeyel solunumu engelleyerek weaning başarısızlığını önlemektedir (37).

NİV'in weaning stratejisi olarak kullanımı çoğunluğunu KOAH hastalarının oluşturduğu 994 hastanın dahil edildiği bir sistematik derlemede değerlendirilmiştir. Weaning aşamasında NİV kullanımı konvansiyonel weaning metodlarına göre mortaliteyi (RR:

0.53; %95 CI: 0.36-0.80), ventilatör ilişkili pnömoniye (RR: 0.25; %95 CI:0.15-0.43) ve weaning başarısızlığını (RR: 0.63, %95 CI: 0.42-0.96) azaltmış; yoğun bakımda ve hastanede kalış süresini kısaltmıştır. Ancak re-entübasyon oranına etkisi saptanmamıştır (38).

Nava ve ark.nın yaptığı randomize kontrollü çalışmada, spontan solunum denemesi (SBT) öncesi aşamayı geçen ancak SBT'yi başarıyla geçemeyen KOAH hastalarında NİV geçiş zamanı bu nokta olarak belirlenmiştir. SBT öncesi kriterlere uymak demek oksijenizasyonu iyi, mental durumu iyi, öksürük refleksi yeterli fakat SBT denemesini geçememek olarak tanımlanmıştır. Nava ekstübasyon sonrası hemen NİV'e geçilmesinin weaning süresini kısalttığını, VİP oranını ve mortaliteyi azalttığını belirtmiştir (39).

## Sonuç

KOAH akut alevlenme nedeniyle hiperkapnik ASY'de olan hastalarda NİV respiratuvar asidozu düzeltmekte, entübasyon oranı, mortalite, solunum sayısı, nefes darlığı ciddiyeti, komplikasyonları (örneğin; hastane kökenli pnömoni) azaltmakta ve hastanede kalış süresini kısaltmaktadır. ATS ve GOLD tarafından respiratuvar asidozu olan ve atak nedeniyle solunum sıkıntısı içerisinde olan solunum kas yorgunluğunu telkin eden klinik bulguları olan (örneğin; aksesuar solunum kaslarını kullanan, paradoks abdominal solunumu olan, interkostal çekilmeleri olan) KOAH akut alevlenme hastalarında NİV'i güçlü öneri olarak ilk tedavi seçenekleri arasında önermektedir.

### KAYNAKLAR

1. O'Donnell DE, Hernandez P, Kaplan A, et al. Canadian Thoracic Society recommendations for management of chronic obstructive pulmonary disease - 2008 update - highlights for primary care. *Can Respir J* 2008;15 Suppl A:1A-8A.
2. Ambrosino N, Simonds A. The clinical management in extremely severe COPD. *Respir Med* 2007;101(8):1613-24.
3. Kramer B. Ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Ann Intern Med* 1999; 130:1027-8
4. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. A multicentre randomised controlled trial of the early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards. *Lancet* 2000;355:1931-5.
5. Celikel T, Sungur M, Ceyhan B, et al. Comparison of noninvasive positive pressure ventilation with standard medical therapy in hypercapnic acute respiratory failure. *Chest* 1998;114:1636-42.
6. Kramer N, Meyer TJ, Meharg J, et al. Randomized, prospective trial of noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1799-806.
7. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of COPD, Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) 2016. Available from: <http://goldcopd.org>.
8. Carlucci A, Delmastro M, Rubini F, et al. Changes in the practice of non-invasive ventilation in treating COPD patients over 8 years. *Intensive Care Med* 2003; 29: 419-25.

9. Gershman AJ, Reddy AJ, Budev MM, Mazzone PJ. Does noninvasive positive pressure ventilation have a role in managing hypercapnic respiratory failure due to an acute exacerbation of COPD? *Cleve Clin J Med* 2008;75(6):458-61.
10. Brochard L, Isabey D, Piquet J, et al. Reversal of acute exacerbation of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 1990; 323: 1523-30.
11. Demoule A, Lellouche F, Mancebo J, et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. In *Non-invasive Ventilation and Weaning (Principles and Practices)*. Elliott M, Nava S, Schonhofer B (eds). Hodder Arnold, 2010:217-27.
12. Confalonieri M, Garuti G, Cattaruzza MS, et al. Italian Noninvasive Positive Pressure Ventilation (NIV) Study Group. A chart of failure risk for noninvasive ventilation in patients with COPD exacerbation. *Eur Respir J* 2005; 25: 348-55.
13. Anton A, Guell R, Gomez J, et al. Predicting the result of noninvasive ventilation in severe acute exacerbations of patients with chronic airflow limitation. *Chest* 2000; 117:828-33.
14. Carratù P, Bonfatti P, Dragonieri S, et al. Early and late failure of noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease with acute exacerbation. *Eur J Clin Invest* 2005;35: 404-9.
15. Scala R, Naldi M, Archinucci I, Coniglio G, Nava S. Noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute exacerbations of COPD and varying levels of consciousness. *Chest* 2005; 128: 1657-66.
16. Wood KA, Lewis L, Von Harz B, et al. The use of noninvasive positive pressure ventilation in the emergency department. *Chest* 1998;113:1339-46.
17. Ambrosino N. Noninvasive mechanical ventilation in acute respiratory failure. *Eur Respir J* 1996;9:795-807.
18. Davidson C, Banham S, Elliott M, et al. British Thoracic Society/Intensive Care Society Guideline for the ventilatory management of acute hypercapnic respiratory failure in adults. *BMJ Open Respir Res.* 2016 Mar 14;3(1):e000133.
19. Cabrini L, Landoni G, Oriani A, et al. Noninvasive ventilation and survival in acute care settings: a comprehensive systematic review and metaanalysis of randomized controlled trials. *Crit Care Med* 2015;43(4):880-8.
20. Wijkstra PJ, Lacasse Y, Guyatt GH, et al. A meta-analysis of nocturnal noninvasive positive pressure ventilation in patients with stable COPD. *Chest* 2003;124:337-43.
21. Hilbert G, Gruson D, Portel L, et al. Noninvasive pressure support ventilation in COPD patients with postextubation hypercapnic respiratory insufficiency. *Eur Respir J* 1998;11:1349-53.
22. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. One year-period prevalence study of respiratory acidosis in acute exacerbations of COPD: implications for the provision of non-invasive ventilation and oxygen administration. *Thorax* 2000;55:550-4.
23. Uzun K, Duran Ü, Teke T. Noninvaziv mekanik ventilasyonun mortaliteye etkisi ve başarıyı etkileyen faktörler. *Genel Tıp Derg* 2011;21(2): 57-63.
24. Brochard L, Isabey D, Piquet J, et al. Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with face mask. *N Engl J Med* 1990;323:1523-30.
25. Bacakoğlu F, Taşbakan MS, Kaçmaz BÖ, et al. The factors affecting noninvasive mechanical ventilation failure in COPD exacerbations. *Turk J Med Sci* 2012; 42 (1): 103-112.
26. Stefan MS, Pekow PS, Shieh MS, et al. Hospital Volume and Outcomes of Noninvasive Ventilation in Patients Hospitalized With an Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Crit Care Med.* 2017;45(1):20-27.

27. Ko BS, Ahn S, Lim KS, et al. Early failure of noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease with acute hypercapnic respiratory failure. *Intern Emerg Med* 2015;10(7):855-60.
28. Brochard L. Inspiratory pressure support. *Eur J Anaesthesiol* 1994;11(1):29-36.
29. Gentile MA. Cycling of the mechanical ventilator breath. *Respir Care* 2011;56(1):52-60.
30. Bergman NA. Intrapulmonary gas trapping during mechanical ventilation at rapid frequencies. *Anesthesiology* 1972;37(6):626-633.
31. Parthasarathy S, Jubran A, Tobin MJ. Cycling of inspiratory and expiratory muscle groups with the ventilator in airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158(5):1471-1478.
32. Jubran A, Van de Graaff WB, Tobin MJ. Variability of patient ventilator interaction with pressure support ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152(1):129-136.
33. Moerer O, Harnisch LO, Herrmann P, et al. Patient-Ventilator Interaction During Noninvasive Ventilation in Simulated COPD. *Respir Care* 2016 Jan;61(1):15-22. doi: 10.4187/respcare.04141. Epub 2015 Nov 10.
34. Ozyilmaz E, Ugurlu AO, Nava S. Timing of noninvasive ventilation failure: causes, risk factors, and potential remedies. *BMC Pulm Med*. 2014;13:14:19.
35. Pejkovska S, Kaeva BJ, Goseva Z, et al. Predictive Factors for the Effect of Treatment by Noninvasive Ventilation in Patients with Respiratory Failure as a Result of Acute Exacerbation of the Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Open Access Maced J Med Sci* 2015;3(4):655-60.
36. Burns KE, Adhikari NK, Keenan SP, Meade M. Use of non-invasive ventilation to wean critically ill adults off invasive ventilation: meta-analysis and systematic review. *BMJ* 2009;21. 338:b1574
37. Prasad SB, Chaudhry D, Khanna R. Role of noninvasive ventilation in weaning from mechanical ventilation in patients of chronic obstructive pulmonary disease: an Indian experience. *Indian J Crit Care Med* 2009;13(4):207-12.
38. Burns KE, Meade MO, Premji A, Adhikari NK. Noninvasive ventilation as a weaning strategy for mechanical ventilation in adults with respiratory failure: a Cochrane systematic review. *CMAJ* 2014;186(3):E112-22.
39. Nava S, Ambrosino N, Clini E, et al. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1998;128:721-8.



# Bronşektazide Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Tedavisi

Esat Kıvanç Kaya, Ebru Ortaç Ersoy

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

## GİRİŞ

### Bronşektazi Tanımı ve Epidemiyolojisi

Bronşektazi; ısrarcı öksürük ve aşırı balgam üretimiyle karakterize kronik bir hastalıktır. Bronş duvarındaki elastik ve muskuler yapıların tahribatı sonucunda, bronşlarda anormal ve kalıcı dilatasyon meydana gelmektedir. 2013 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde bronşektazi prevalansının 100.000'de 139 olduğu bildirilmiştir (1). Çoğu hastanın kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) veya astım olarak tanı almasından dolayı gerçek prevalansın tahmin edilenden daha fazla olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, KOAH'lı hastaların %29-50'sinde klinik tabloya bronşektazi eşlik etmektedir (2).

### Bronşektazi Patogenezi ve Kliniği

Bronşektazide sıklıkla mukus klirensi azalmıştır. Buna bağlı olarak gelişen bakteriyel kolonizasyonun sonucunda; rekürren enfeksiyonlar oluşmakta ve enfeksiyona cevap olarak havayolunda inflamasyon meydana gelmektedir. Tekrarlayan enfeksiyon ve inflamasyon döngüsü ise akciğer hasarına sebep olmakta ve mevcut hasarı arttırmaktadır (3). Hastalığın doğal seyirinde; ilerleyici akciğer hasarı sonucunda alveoler gaz değişiminde bozulma meydana gelmekte ve solunum yetmezliği gelişmektedir. Bronşektazide solunum yetmezliği morbidite ve mortalitenin başlıca sebebidir (4). Hastalığın başlangıcında ve lokalize hastalıkta pulmoner fonksiyon korunmuştur. Hastalık ilerledikçe, bronşiyal hiperreaktiviteyle birlikte spirometrede havayolu obstrüksiyonu bulguları izlenmektedir. Obstrüksiyonun temel sebebi, bronşiyal duvarın inflamatuvar hücrelerle infiltrasyonu sonucunda meydana gelen bronşiyal duvar kalınlaşma-

sıdır. İnflamasyona ikincil yapısal hasar ve havayolu dilatasyonu meydana gelmekte ve ekspirasyon esnasında distal havayolunda kollaps oluşmaktadır. Mukus plaklarının yoğunlaştığı lokalizasyonlar obstrüktif paternin gelişmesinde belirleyicidir. Büyük havayollarındaki mukus plaklarına bağlı en belirgin değişim  $FEV_1$  ve  $PaO_2$ 'de görülürken, küçük havayolundaki mukus plaklarına bağlı en belirgin değişim ise FVC'deki azalmadır. Obstrüktif paternin yanısıra, gelişen atelektazilere bağlı olarak restriktif akciğer hastalığı da görülebilmektedir (5).

Akut solunum yetmezliğinin en sık sebebi; kolonize mikroorganizmalarla meydana gelen alevlenmeler ve yeni gelişen enfeksiyonlardır. Bunun dışında cerrahi, travma, ağrı gibi sebeplerle de akut solunum yetmezliği gelişebilmektedir. Bu tabloda; ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunda artış,  $FEV_1$ 'de, FRC'de ve akciğer kompliyansında azalma ve solunum iş yükünde artış meydana gelmektedir (6). Akciğer hasarındaki artış, progresif hipoksemi ile karakterize kronik solunum yetmezliğine ilerleyebilmektedir. Hastalığın ileri aşamalarında, ventilasyon-perfüzyon dengesizliğindeki artış ve alveoler hipoventilasyon sonucu hiperkapni meydana gelmektedir (3).

## Bronşektazi Tedavisinde NİV

Bronşektazili hastalarda, kısa-uzun dönem NİV tedavisinin akciğer fizyolojisi, yaşam süresi ve yaşam kalitesi üzerine etkisi hakkında kısıtlı bilgi mevcuttur. Bronşektazi tedavisinde ventilatör stratejileri net olarak belirlenmemiş olsa da temel amaç ventilasyon-perfüzyon dengesizliğini düzeltmek, hipoksemiye düzeltmek, akciğer fonksiyonunda iyileşme sağlamak, kompliyansa artış sağlamak ve atelektazi formasyonunu sınırlandırmaktır. İleri aşamalarda ise ek olarak hiperkapniye düzeltmekde ventilatör stratejileri arasında yer almalıdır.

Bronşektazili hastalarda NİV tedavisi;

1. Akut solunum yetmezliği,
2. Kronik solunum yetmezliği,
3. Pulmoner rehabilitasyon,
4. Transplantasyona kadar zaman kazanma amacıyla kullanılmaktadır.

Bronşektazili hastalarda, akut solunum yetmezliği geliştiğinde NİV tedavisi alveollerde rekrutment sağlamakta, fonksiyonel ünite sayısını arttırmakta ve inspirasyon sonunda reekspansiyonu arttırmaktadır. Böylece bronşial sekresyonların temizlenmesi de kolaylaşmaktadır (7). Hipoksemimin düzelmesi ve solunum sayısının azalmasıyla birlikte ventilasyon-perfüzyon dengesizliği azalmakta, dispne hissi azalmakta ve solunum iş yükü azalmaktadır (8). Bronşektazili hastalarda, akut solunum yetmezliğinde NİV tedavisi endikasyonları KOAH'lı hastalarla benzer olmakla birlikte en önemli fark ve kısıtlayıcı faktör artmış balgam üretimi ve sekresyonlardır (CPAP / PSV PEEP: 5 cm/ $H_2O$  / Psupp: 10-15 cm/ $H_2O$ ) (9). Akut solunum yetmezliği gelişen bronşektazi hastalarında

NİV hipoksemi ve hiperkapniyi düzeltmede etkin olarak kullanılabilir. Hastalarda NİV seçeneği değerlendirilirken, NİV için kontrendikasyon oluşturacak durumlar ekarte edilmelidir, hastalar sekresyonlarını çıkarmaları için teşvik edilmelidir ve NİV'ye hastaların tolere edebildiği kadar, üç-dört saatte bir, ara verilmelidir. 2010 yılında yapılmış bir çalışmada; bronşektaziye bağlı akut solunum yetmezliği gelişmiş yoğun bakım hastalarında NİV ile invaziv mekanik ventilasyon (İMV) karşılaştırılmış ve NİV ile hastane yatış süresinin daha kısa olduğu, ventilatör bağımsız gün sayısının ise daha fazla olduğu saptanmıştır (BİPAP; EPAP: 4 cm/H<sub>2</sub>O ve İPAP: 18 cm/H<sub>2</sub>O) (10).

Bronşektazili hastalarda, ileri evrelerde sıklıkla tabloya hiperkapni de eklenerek kronik solunum yetmezliği gelişmektedir. Kronik solunum yetmezliği gelişmiş hastalarda nokturnal yoğun NİV tedavisi CO<sub>2</sub> retansiyonunu azaltmak, akciğer fonksiyonunu arttırmak ve hospitalizasyon oranını azaltmak için kullanılabilir (11). Ondört hastayı içeren, retrospektif bir çalışma sonucunda kronik solunum yetmezliği olan ağır bronşektazi hastalarında uzun dönem NİV tedavisinin kompliyansa ve toleransta iyileşme sağladığı, hospitalizasyon oranlarını azalttığı gösterilmekle birlikte survey üzerine katkısı gösterilememiştir (12). Birleşik Krallıkta yapılmış bir çalışma sonucunda, iki yıl sonunda bronşektazili hastalarda evde NİV (Nazal aralıklı PPV) tedavisine devam etme oranı < %20 olarak saptanmıştır (13). Kronik solunum yetmezliği gelişmiş hastalarda NİV hayat kalitesini arttırmada kullanılabilir (13). Bronşektaziye bağlı gelişen kronik solunum yetmezliğinde NİV tedavisinin yaşam süresi üzerine etkisi bilinmemekle birlikte, NİV tedavisi hospitalizasyon oranını azaltmaktadır (14).

Kronik solunum yetmezliği gelişmiş olan bronşektazi hastalarında NİV havayolu temizleme tekniklerine ek olarak veya alternatif olarak kullanılarak; dispne hissinde ve solunum iş yükünde azalma sağlayabilir. Özellikle ağır hipoksemisi olan, inspiratuvar kas güçsüzlüğü olan, dispnesi olan ve havayolu temizliğini tek başına gerçekleştiremeyecek hastalarda havayolu temizleme tekniklerine ek olarak NİV kullanımının oksijenizasyonu düzeltmede, fonksiyonel kapasiteyi arttırmada, solunum iş yükünü azaltmada fayda sağlamaktadır (15).

Bronşektazili tüm hastalar kalp/akciğer transplantasyonu açısından değerlendirilmelidir. Akciğer transplantasyonu aday listesinde olup kronik solunum yetmezliği gelişen bronşektazili hastalarda NİV tedavisi (CPAP/PSV) transplantasyona kadar olan sürede hastaya gereken desteği sağlamak için kullanılabilir (16).

#### KAYNAKLAR

1. Weycker D, Hansen GL, Seifer FD. Prevalence and incidence of noncystic fibrosis bronchiectasis among US adults in 2013. *Chron Respir Dis* 2017;1479-777.
2. Patel IS, Vlahos I, Wilkinson TM, et al. Bronchiectasis, exacerbation indices, and inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;170(4):400-7.

3. Esquinas AM: *Noninvasive Mechanical Ventilation Theory, Equipment, and Clinical Applications*. In: Schreiber A, Antonelli A, Gregoretti C, eds. *Noninvasive Continuous Positive Airway Pressure Response in Bronchiectasis Exacerbations: Key Practical Aspects and Topics*, 2 ed. Switzerland: Springer; 2016:892-303.
4. Loebinger MR, Wells AU, Hansell DM, et al. Mortality in bronchiectasis: a long-term study assessing the factors influencing survival. *Eur Respir J* 2009; 34:843-849.
5. King P, Holdsworth S, Freezer N, Holmes P. Bronchiectasis. *Intern Med J* 2006; 36(11):729-37.
6. Sprague K, Graff G, Tobias JD. Noninvasive ventilation in respiratory failure due to cystic fibrosis. *South Med J* 2000;93(10):954-61.
7. Lindner KH, Lotz P, Ahnefeld FW. Continuous positive airway pressure effect on functional residual capacity, vital capacity and its subdivisions. *Chest* 1987;92(1):66-70.
8. Coussa ML, Guérin C, Eissa NT, et al. Partitioning of work of breathing in mechanically ventilated COPD patients. *J Appl Physiol* (1985) 1993;75(4):1711-9.
9. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002;57(3):192-211.
10. Phua J, Ang YLE, See KC, et al. Noninvasive and invasive ventilation in acute respiratory failure associated with bronchiectasis. *Intensive Care Med* 2010; 36:638-647.
11. Sadigov A. Long-term Noninvasive Ventilation in COPD Associated With Non-Cystic Fibrosis Bronchiectasis: Is High-Intensity NIV the Right Way to Go? CHEST Annual Meeting, 22-26 October 2016, Los Angeles.
12. Benhamou D, Muir JF, Raspaud C, et al. Long-term efficiency of home nasal mask ventilation in patients with diffuse bronchiectasis and severe chronic respiratory failure: a case-control study. *Chest* 1997;112(5):1259-66.
13. Simonds AK, Elliott MW. Outcome of domiciliary nasal intermittent positive pressure ventilation in restrictive and obstructive disorders. *Thorax* 1995;50(6):604-9.
14. Hill AT, Pasteur M, Cornford C, et al. Primary care summary of The British Thoracic Society Guideline on the management of non-cystic fibrosis bronchiectasis. *Prim Care Respir J* 2011;20(2):135-40.
15. Main E, Grillo L, Rand S. Airway Clearance Strategies in Cystic Fibrosis and Non-Cystic Fibrosis Bronchiectasis. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine* 2015; 36:251-266.
16. Madden BP, Kariyawasam H, Siddiqi AJ, et al. Noninvasive ventilation in cystic fibrosis patients with acute or chronic respiratory failure. *Eur Respir J* 2002;19(2):310-3.

# Akut Astım Atağında Noninvaziv Mekanik Ventilasyon

Filiz Koşar, Celal Satıcı

*SBÜ Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Kliniği, İstanbul*

## GİRİŞ

Astım, geri dönüşümlü ve değişken hava yolu kısıtlılığı ile seyreden heterojen karakterli kronik bir hastalıktır (1). Genellikle ataklar halinde ortaya çıkan değişken şiddette hışıltı, nefes darlığı, göğüste sıkışma hissi ve öksürük gibi semptomlar ile seyreder. Hastalığın tipik triadı; hava yolunda düz kas kontraksiyonu, inflamasyon ve sekresyon artışıdır. Semptomlar kendiliğinden veya medikal tedavi sonrası düzelebileceği ve haftalar hatta aylarca görülmeyebileceği gibi sık alevlenmeler yaşanıp tedaviye dirençli olgular ile karşılaşılabilir.

Dünyada yaklaşık 300 milyon, ülkemizde ise 3.5 milyon insanı etkileyen bu hastalıkta, hastaların %10 kadarı yılda bir kez ciddi akut atak nedeni ile acile başvurumaktadırlar. Yapılan standart medikal tedaviye rağmen acile başvuran hastaların %10'u yoğun bakım ünitesine alınmakta, yoğun bakıma alınan hastaların ise 1/3'ü entübe edilmektedir (2,3). Entübe edilen hastalarda ise barotrauma, ventilatör ilişkili pnömoni ve diğer nazokomial enfeksiyonlar, solunum kas güçsüzlüğü, hastane yatışında uzama ve yoğun bakım mortalitesinde artma gibi komplikasyonlar ortaya çıkmaktadır. Bu hastalarda yüksek inspiratuvar basınç gereksinimi ve hasta-ventilatör uyumsuzluğunun sık olması nedeni ile ventile etmek güçtür. Bu nedenle invaziv mekanik ventilasyon uygulanması gerektiği durumlarda gecikmeksizin ve optimal biçimde uygulanmasından kaçınılması gereken son tedavi seçeneği olarak düşünülmelidir. Bu nedenle standart medikal tedaviye yanıtız ve solunum yetmezliği riski yüksek hastalarda erken dönemde noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) biçiminde uygulanan solunum desteği invaziv mekanik ventilasyon gereksinimini azaltabilen bir tedavi aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır (4,5). 2000 yılında astım atakla gelen hastaların entübe olma oran-

ları %1.4 iken, 2008 de %0.73'e gerilemiş olup, NİV ile tedavi oranları %0.34'den %1.9'a yükselmiştir (2). Ancak henüz GINA (Global Initiative for Asthma) rehberinin son versiyonunda da hem acil hem de yoğun bakım koşullarında NİV uygulamasından bahsedilmemektedir.

Ciddi astım alevlenmeleri görüldüğü üzere kontrol altına alınmaz ise mortal seyredebilir. Bu sebeple ciddi alevlenmeleri tanımak ve risk faktörlerini bilmek önemlidir. **Tablo 1'**de ciddi astım alevlenmelerinin tanı kriterlerini ve risk faktörlerini göstermektedir.

Akut astım atağı tedavisinde hızlı klinik düzelleme sağlamak, atağın şiddetini öngörmek ve invaziv mekanik ventilasyona gidişi engellemek gerekir. Daha önce Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOA) ve akut kardiyogenik pulmoner ödem hastalarında kullanımı kanıtlanan NİV 19. yüzyıl sonlarında doğru astım hastalarında da kullanılmaya başlanmıştır (3).

Astım'da NİV kullanımının fizyolojik temelleri;

1. Solunum kaslarının yükünü hafifletmek ve solunum pompa fonksiyonunu rahatlatmak: Astım atağında da tıpkı KOA'da olduğu gibi hava yollarında gelişen

<b>Tablo 1.</b> Ciddi astım alevlenmesinin tanı kriterleri ve risk faktörleri (solunum yetmezliği riski olup, NİV'dan yarar görebilecek hastalar) (6).
<b>Tanı kriterleri</b>
<b>I. Klinik</b>
İstirahatte nefes darlığı
Sessiz akciğer
Aksesuar solunum kaslarının kullanımı: Paradoks torakoabdominal solunum
Konuşma güçlüğü
Ajitasyon / Konfüzyon
<b>II. Fizyolojik Bulgular</b>
Nabız > 120 /dakika (Bradikardi mevcudiyetinde respiratuar arrest riski vardır.)
Solunum hızı > 30 /dak
Pulsus paradoksus > 25 mmHg (Pulsus paradoksusun kaybolması respiratuar arrest riskini gösterir.)
PEF < %60 veya 100 L /dak
FEV <sub>1</sub> < %30
Arter oksijen saturasyonu < %90 (oda havasında)
PaO <sub>2</sub> < 60 mmHg (oda havasında)
PaCO <sub>2</sub> > 45 mmHg
<b>II. Risk faktörleri:</b>
Atak nedeni ile yakın zamanda hastane yatışı
Daha önce yoğun bakımda mekanik ventilasyon uygulanmış olması
Tedaviye uyumun iyi olmaması
Yüksek allerjen maruziyeti

obstrüksiyon ve dakika solunum sayısı arttıkça dinamik hiperinflasyon ve bunun sonucunda da intrinsek PEEP ortaya çıkar ve hasta inspirasyon yapabilmek için daha negatif bir pleural basınç oluşturmak zorunda kalıp ciddi bir solunum kas kullanımına gerek duyar, solunum işi artar ve solunum kas yorgunluğunun ortaya çıkması ile birlikte akciğerin pompa fonksiyonu bozulur. Bunun sonucunda ventilasyon daha da bozularak, ileri evre solunum yetmezliği ortaya çıkar (4,6)

2. Hava yolu rezistansını azaltmak: NİV olarak kullanılan CPAP modu, inspiryum ve ekspiryumda devamlı bir hava yolu açıklığı sağlamaktadır. CPAP kullanımının küçük ve orta boy bronşları dilate edebileceği de gösterilmiştir. Metakolin ve histamin ile indüklenen bronkospazm CPAP uygulaması ile önlenir, ayrıca eksternal olarak uygulanan PEEP'in egzersize bağlı bronkospazmı önlediği bildirilmektedir. NİV uygulaması muhtemelen mekanik etki ile bronşial dilatasyona neden olmaktadır ki bu suretle havayolu rezistansı azalır, atelektatik bölgeler açılır ve sekresyon temizliği kolaylaşır (7).
3. Ventilasyonu gösteren parametre olarak bilinen tidal volüm esas olarak basınç desteği tarafından belirlenir ve bu basınç desteğini sağlamak için hastaya inspiratuvar basınç desteği de sağlamak gerekmektedir ki CPAP moduna basınç desteği eklenerek oluşturulan BiPAP modu kullanılarak tidal volüm arttırılmak suretiyle hem pompa fonksiyonu korunmaya çalışılır hem de gaz alış-verişi düzelir (8).

Ciddi astım atağında olup mekanik ventilasyon gereksinimi olan hastalarda NİV için hasta seçimi dikkatlice yapılmalı ve hasta yakından ve dikkatlice takip edilmelidir. **Tablo 2**'de kesin ve göreceli kontrendikasyonlar ve **Tablo 3**'te hasta seçim kriterleri özetlenmiştir (4).

NİV uygun olan yoğun bakım ventilatörleri veya bu işlem için üretilmiş ventilatör ve devreler yolu ile uygulanabilir. Bu ventilatörler genellikle daha hafif, portabl ve daha

<b>Tablo 2.</b> NİV için kesin veya göreceli kontrendikasyonlar.
<b>Kesin kontrendikasyonlar</b>
Acil entübasyon gereksinimi
Bilinç bulanıklığının ortaya çıkması
Fazla miktarda sekresyon ve aspirasyon riski
Maske takılmasını engelleyen yüz cerrahisi geçirilmiş olması
<b>Göreceli kontrendikasyonlar</b>
Hemodinamik instabilite
Ciddi hipoksi ve/veya hiperkapni, $PaO_2/FiO_2 < 200$ olması , $PaCO_2 > 60$ mmHg
Hasta ile iletişimin kötü olması
Ciddi ajitasyon
Eğitilmiş ve tecrübeli personel yokluğu

basit ve kolay kullanılabilirlerdir. Ciddi astım atağında, mekanik ventilasyon desteği gereken hastalarda ilave bir basınç desteği gereksinimi olmaksızın yalnızca CPAP kullanımını önerilmez. Çünkü eksternal olarak uygulanan PEEP yani CPAP yalnızca oksijenasyonu düzeltir, ventilasyonun düzeltilmesinde bir etkisi yoktur. Başlangıç tedavisi olarak İPAP: 7 cmH<sub>2</sub>O ve EPAP: 3 cmH<sub>2</sub>O önerilirken kullanılması önerilen diğer NİV parametreleri **Tablo 4**'te özetlenmiştir (4).

## Sedasyon

Hastalar genelde acile servise ajite halde gelmektedir. Bu sebeple nefes darlığında hızlı bir düzelmeye sağlamak bu hastalar için çok önemlidir. Hastalara NİV uygulamak çoğu kez uyumu düşük olan, klostrifobik olan hastalar için çok zor olabileceğinden sedasyon çok önemlidir. Dexmedetomidine ve lorezapaminin dikkatli takip ve uygun dozlarda kullanımını hastanın NİV toleransını arttırabilir (9).

## Sonuç

Ciddi astım atağında veya atak geçirme riski olan uygun seçilmiş hastalarda NİV kullanımı, bronkodilatasyon yapıcı etkisi, PEEP'i dengelemesi, kollabe alveolleri açması, V/Q dengesizliğini düzeltmesi ve solunum işini azaltması gibi fizyolojik etkileri nedeniyle uygulanmalıdır (10). Ancak uygulanacak mekan, deneyimli personel ve uygun hasta seçimi konusunda çok dikkatli davranılması ve invaziv mekanik ventilasyon endikasyonunun geciktirilmeksizin konması ve uygulanması gereklidir. Ancak yine de rutin klinik kullanıma girebilmesi için fazla sayıda hasta katılımlı, çok merkezli randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır (11,12).

**Tablo 3.** Ciddi astım atağındaki hastalarda NİV için hasta seçim kriterleri.

Taşipne (Solunum sayısı > 25/dakika)
Taşikardi (Nabız sayısı > 110/dakika)
Solunum sırasında aksesuar kas kullanımı
Hipoksi, PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> > 200
Hiperkapni, PaCO <sub>2</sub> < 60 mm Hg
FEV <sub>1</sub> < %50 (beklenen)

**Tablo 4.** Astımda NİMV kullanımı ve önerilen ayarlar.

<b>İPAP:</b> 7 cmH <sub>2</sub> O - 15 cmH <sub>2</sub> O
<b>EPAP:</b> 3 cmH <sub>2</sub> O - 5 cmH <sub>2</sub> O
<b>Yükselme zamanı (Ramp time):</b> 0.05 ms
<b>İnspirasyon zamanı:</b> 0.8-1.2 saniye
<b>Ekspiryum tetiği:</b> %25-75



**KAYNAKLAR**

1. Takasaki Y, Kido T, Semba K. Dexmedetomidine facilitates induction of noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure in patients with severe asthma. *J Anesth* 2009;23:147-150.
2. Soroksky A, Stav D, Shpirer I. A pilot prospective, randomized, placebo-controlled trial of bilevel positive airway pressure in acute asthmatic attack. *Chest* 2003;123: 1018-25.
3. Soma T, Hino M, Kida K, et al. A prospective and randomized study for improvement of acute asthma by non-invasive positive pressure ventilation (NIV). *Inter Med* 2008; 47: 493-501.
4. Fernandez MM, Villagra A, Blanch L, et al. Non-invasive mechanical ventilation in status asthmaticus. *Intensive Care Med* 2001; 27:486-92.
5. Meduri GU, Cook TR, Turner RE, et al. Noninvasive positive pressure ventilation in status asthmaticus. *Chest* 1996; 110: 767-74.
6. Wilson BA, Jackson PJ, Evans J. Effects of positive end-expiratory pressure breathing on exercise-induced asthma. *Int J Sports Med* 1981; 2:27-30.
7. Gupta D, Nath A, Agarwal R, Behera D. A prospective randomized controlled trial on the efficacy of noninvasive ventilation in severe acute asthma. *Respir Care* 2010;55(5):536-43.
8. Scala R. Noninvasive ventilation in severe acute asthma? Still far from the truth (ed). *Respir Care* 2010;55(5):630-7.
9. Holley MT, Morrissey TK, et al. Ethical dilemmas in a randomized trial of asthma treatment: can Bayesian statistical analysis explain the results? *Acad Emerg Med* 2001;8(12):1128-35.
10. Pallin M, HewM, Naughton MT. Is non-invasive ventilation safe in acute severe asthma? *Respirology* 2014; 20:251-7.
11. Diehl JL, Guérot E. Non-invasive ventilation in severe asthma attacks. *Minerva Anesthesiol* 2013;79:926-33
12. Alves D, Freitas AS, Jacinto T, et al. Increasing use of noninvasive ventilation in asthma: a long-term analysis of the Portuguese national hospitalization database. *J Asthma* 2014;51:10-15.



# Obezite Hipoventilasyon Sendromunda Noninvaziv Mekanik Ventilatör Kullanımı

Ebru Ortaç Ersoy

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara

## GİRİŞ

Obezite hipoventilasyon sendromu (OHS), obeziteyle birlikte (vücut kitle indeksi  $> 30$   $\text{kg/m}^2$ ), başka nörolojik, musküler, mekanik veya metabolik sebep olmadan hiperkapniye ( $\text{PaCO}_2 > 45$   $\text{mmHg}$ ) yol açan hipoventilasyon, gündüz aşırı uyku hali ve/veya uykuda solunum bozukluğu ile karakterize bir durumdur (1). Dünya ile beraber ülkemizde artan obezite salgınına paralel olarak görülme sıklığı artmaktadır. Pulmoner hipertansiyon riski, düşük yaşam kalitesi ile önemli morbidite ve mortalite sebebidir. Bu hastalığın hekimler arasında farkındalığının artırılması; hastalara erken tanı konup, uygun tedavi verilmesi önemlidir. Tedavideki amaçlar;  $\text{PaCO}_2$  değerini hem uyanıklık hem de uykuda normale döndürüp asit-baz dengesini düzeltmek, oksihemoglobin düzeyini düzelterek kor pulmonale oluşumunu engellemek, OUAS varsa düzeltmek ve uyku yapısını düzelterek gündüz uyku halini azaltıp yaşam kalitesini arttırmaktır (2,3).

## Noninvaziv Mekanik Ventilasyon (NİV) Modları

Özellikle solunum iş yükünün arttığı ve solunum kas yorgunluğunun söz konusu olduğu OHS'de solunum yetmezliği de gelişmişse NİV uygulamak en etkin tedavi yöntemidir. NİV destek tedaviyle hastaya gerekli tidal volüm sağlanır, mikroatelektazik alanlar açılır, toraks kompliyansı düzelir, akciğer hacimleri artırılır, inspiratuvar solunum kaslarının iş yükü azalır, yorgun kaslar dinlendirilir ve solunum merkezinin  $\text{CO}_2$ 'ye olan duyarlılığı artırılır (3). Bu tedavi yöntemi, özellikle alveoler hipoventilasyonun ön planda olduğu akut ve kronik solunum yetmezliklerinin tedavisinde endikedir.

OHS'de NİV iki farklı modda uygulanmaktadır;

I. Sürekli pozitif havayolu basıncı (CPAP),

II. NİV,

II. 1. Bilevel pozitif havayolu basıncı ( BiPAP),

II. 2. Volum kontrollü pozitif havayolu basıncı ( VCPPV).

NİV tedavisi OHS hastalarına genellikle gece uyku boyunca yüz maskesi, nazal maske, nazal yastıkçık veya hibrid maskeler (nazal yastıkçıklı oral maskeler) aracılığı ile uygulanır. Ancak akut dekompanzasyon durumlarında gündüz uyanıklıkta da uygulanmalıdır.

**I. Sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP):** OHS ve obstrüktif uyku apne sendromu (OUAS) birlikte olan hastalarda, gece CPAP uygulanması alveoler hipoventilasyonu düzeltir. Düzenli olarak gece CPAP tedavisinin uygulanması uyanıklık arteryel CO<sub>2</sub> basıncında (PaCO<sub>2</sub>) düşme sağlamaktadır. CPAP ile hem uyanıklıkta hem de uykuda hiperkapninin düzelmesi solunum kas yorgunluğun giderilmesi ve santral ventilatuar uyarı ile olmaktadır (4).

Gece CPAP tedavisinden bazalde yüksek apne hipopne indeksi (AHI) olan hastalar fayda görür. Gece CPAP tedavisinden fayda görmeyen hastaların BiPAP ihtiyacı düşünülmelidir. CPAP yetersizliği NİV için endikasyondur. Sadece OUAHS ve OHS + OUAS olan hastaların karşılaştırıldığı bir çalışmada CPAP tedavisinden fayda görmeyen hastalar NİV'den fayda görmüştür (5). Gece CPAP tedavisinden fayda görmeyen OHS hastalarında OHS ve OUAHS'nin birlikte olduğu ve bu hastalarda hava yolu açıklığının sağlanmasından sonra hipoventilasyonun devam etmesinin anormal solunum kontrolü nedeniyle olduğu düşünülmektedir (6).

Gece CPAP veya NİV alan hastalarda nokturnal hipoventilasyonun düzelişip düzelmediği mutlaka takip edilmelidir. Gece nefes darlığı, boğulma hissi, sabah başağrısı gibi uyku ile ilişkili hiperkapni belirti ve bulguları veya gündüz kan gazında hiperkapnisi olan hastaların CPAP tedavisini yeterli kullanıp kullanmadığı, CPAP titrasyonunun yeterlilik ve uygunluğu kontrol edilmeli ve gerekirse yeniden değerlendirilmelidir. Eğer 2-4 ay uygun CPAP tedavisine rağmen gece hipoventilasyonu sebat ediyorsa bu hastalara polisomnografik olarak titrasyon yapılmalıdır.

**II. Non invaziv Pozitif Basıncılı Ventilasyon (NİV):** Gece meydana gelen alveoler hipoventilasyonu düzeltir (7-11) . Bilevel pozitif hava yolu basıncı (BiPAP) ve volüm sikluslu ventilasyon(VCPPV) en sık kullanılan modlardır. Hibrid modlar da uygulanabilir.

**II. 1. BiPAP:** BiPAP tedavisi sırasında hastaya ayrı olarak ayarlanıp titre edilen inspiratuar pozitif basınç (İPAP) ve ekspiratuar pozitif basınç (EPAP) uygulanır. Hastanın tidal volümü İPAP ve EPAP arasındaki basınç farkı ile koreledir. Yüksek tidal volümler ile alveolar ventilasyon artırılır.

Gece BiPAP tedavisi genellikle gece ve gündüz PaCO<sub>2</sub>'yi azaltır, AHİ'yi düşürerek uyku yapısını düzenler ve gündüz uykuluğunu azaltır. OHS'li hastalarda bir ay süreyle BiPAP tedavisinin PaCO<sub>2</sub>'yi belirgin azalttığı, PaO<sub>2</sub>'yi artırdığı, AHİ'yi düşürdüğü ve uyku yapısını düzelttiği görülmüştür (12). BiPAP uygulanma süresi ile inflamatuvar, metabolik ve kardiyak ölçümlerde bir değişiklik olmasa da uzun dönem survival da artma izlenmiştir (12).

BiPAP tedavisinin CPAP tedavisine göre avantajları mevcuttur. Bunlardan en önemlisi BiPAP tedavisinin sadece havayolların açık tutulmasını değil aynı zamanda aktif ventilasyonu da sağlamasıdır. Bu sayede hava yolu basınçları azalır, solunum kasları dinlenir, respiratuvar asidoza daha hızlı cevap oluşur. Hastaların normal solunum kontrolü ve kemoreseptör fonksiyonları da iyileşir. Ancak CPAP tedavisinde çok rastlanmayan hasta ventilatör uyumsuzluğu BiPAP tedavisinde daha fazla görülür. BiPAP tedavisi altında santral apnelerin gelişimine bağlı veya etkisiz İPAP ayarı yapılırsa hipoventilasyon devam edebilir (13,14). Bu hastalara polisomnografi (PSG) yapılmalı ve PSG'de santral apne tespit edilirse bu hastalara S/T (spontan/timed) modda BiPAP reçete edilmelidir (15).

BiPAP tedavisi OHS de oldukça etkindir. Maske kenarından meydana gelen kaçakları da iyi kompanze edebilir ancak basınç duyarlı olduğu için eğer hastanın üst hava yolu obstrüksiyonu varsa veya solunum sistemi kompliyansı düşükse hedef basınca ulaşıldığında oluşan tidal volüm düşük kalabilir ve hipoventilasyon ile sonuçlanabilir. Ciddi üst hava yolu obstrüksiyonu durumlarında hem EPAP hem de İPAP beraber artırılmalıdır. Bu durumda üst havayolu obstrüksiyonu düzeltilirken basınç gradiyenti ile tidal volüm artırılabilir. Solunum sistemi kompliyansının azaldığı durumlarda İPAP daha fazla artırılmalıdır.

**II. 2. Volüm Sikluslu Ventilasyon (VCPV):** Obezite hipoventilasyon sendromlu bazı hastalarda üst hava yolu obstrüksiyonu ve solunum sistemi kompliyansının düşüklüğü oldukça ciddi olabilir. Bu hastalar CPAP veya BiPAP tedavileri ile yeterli alveolar ventilasyonu yapamazlar. Bu durumda VCPV tedavisi düşünülmelidir. Özellikle akut dekompanzasyon durumlarında etkili bir tedavi seçeneği olabilir. Yüksek arayüz basınçları nedeniyle kronik tedavide çok fazla tercih edilen bir seçenek değildir (16).

## Hibrid Modlar

Obezite hipoventilasyon sendromunda özellikle PaCO<sub>2</sub>'nin hızlı düşürülmesi gereken hastalarda ve yüksek İPAP ihtiyacı olan hastalarda kullanılabilir. AVAPS (average volume-assured pressure support) NİV'un hibrid modudur. Bu modda tidal volümü 7-10 mL/kg olacak şekilde sağlayabilmek için İPAP değişir. Tüm modların karşılaştırıldığı bir çalışmada AVAPS oksijenazasyonun düzelmesi, uyku ve yaşam kalitesinin artması yanında ventilasyonu daha iyi düzeltmiştir. Bunun nedeni, BiPAP tedavisinde maksimum İPAP değerinin 20 cmH<sub>2</sub>O olmasına karşın AVAPS'ta 30 cmH<sub>2</sub>O'ya kadar çıkabilmesidir (17).

## NİV'in Başlatılması

NİV OHS'li hastalarda kullanılması gereken bir tedavidir, çünkü hastalık tedavi edilmezse progresif hiperkapni, hipoksemi meydana gelir. Bununla ilişkili olarak nörokognitif bozukluklar, pulmoner hipertansiyon ve kor pulmonale gibi birçok durum gelişebilir.

**Akut dekompanse OHS:** Akut dekompanzasyon ile gelen OHS hastalarında hasta hastaneye veya yoğun bakıma yatırılarak NİV tedavisi hemen başlatılmalı ve hasta sıkı takip edilmelidir. Koopere olabilen, havayolunu koruyabilen ve pH > 7.20 olan hastalarda NİV uygundur. Hastalar bu koşullarda değilse veya NİV başarısız olursa endotrekeal entübasyon yapılarak invaziv mekanik ventilasyon uygulanmalıdır. Öncelikle BiPAP modunda başlanmalı BiPAP ile yeterli alveolar ventilasyon sağlanamadı ise VCPV moda geçilmelidir. Akut dekompanse hastalarda sadece CPAP kullanılmamalıdır.

Başlangıç ayarlar için önerilen uluslar arası bir strateji mevcut değil, ancak başlangıç ayarları için şu şekilde bir yaklaşım uygulanabilir. BiPAP için; 4 cmH<sub>2</sub>O İPAP basıncı ve 4 cmH<sub>2</sub>O EPAP basıncı ile başlayıp hasta konforu oluşana, takipne, taşikardi, oksijen satürasyonu, pH düzelene kadar (solunum sayısı < 30/dakika, oksijen satürasyonu > %90, kalp hızı < 100/dakika, pH > 7.30) İPAP basıncını birkaç dakika ara ile 2 cmH<sub>2</sub>O artırılmalıdır. Oksijenizasyon bozulursa EPAP artırılmalıdır. EPAP artırıldığında eş zamanlı olarak İPAP'ın artırılmasının aradaki basınç farkının sağlanması ve solunum iş yükünün azaltılması için önemli olduğu unutulmamalıdır. Hasta sık kan gazı takibi ile izlenmelidir.

VCPV için; ventilatör modu seçilmeli, solunum sayısı, tidal volüm, FiO<sub>2</sub>, PEEP değerleri ayarlanmalıdır. Genellikle asiste kontrollü mod seçilir. Solunum sayısı dakika ventilasyonu 6-10 L/dakika olacak şekilde ayarlanmalıdır. Arayüz basıncının yüksek olması (maske basısı) uyku bölünmesi, intolerans ve kaçaklara neden olabilir. Bu durumda tidal volüm azaltılmalı, solunum hızı artırılmalıdır (8).

**Kronik kompanse OHS:** Kronik kompanse OHS olan veya akut dekompanzasyonu stabilleşen hastalara gece polisomnografisi (PSG) yapılmalıdır. PSG ile eşlik eden OUA varlığı tespit edilirse aynı zamanda kullanılacak NİV cihazlarının ayarlamaları yapılabilir. OUA olan hastalarda tedavinin amacı OUA'nın tedavi edilmesi, uyku yapı ve kalitesinin düzeltilmesi, solunum kaslarının dinlendirilmesi ile gece meydana gelen solunum iş yükünün azaltılması ve arter kan gazı değerlerinin düzeltilmesidir.

- OUA ve OHS birlikte olan hastalarda; 4 cmH<sub>2</sub>O basınçta CPAP ile başlanmalı, obstrüktif olay düzelene kadar basınç 2 cmH<sub>2</sub>O artırılmalıdır (18). Persistan alveolar hipoventilasyon varsa BiPAP tedavisine geçilmelidir. Başlangıç İPAP ve EPAP değerleri CPAP basıncına benzer olarak yapılmalıdır. Her beş dakikada bir alveolar hipoventilasyon düzelene kadar İPAP basıncı 1-2 cmH<sub>2</sub>O artırılarak uygun ayar bulunmalıdır (18).

- Sadece OHS olan hastalarda; başlangıç İPAP ve EPAP değerleri sırasıyla 8 cmH<sub>2</sub>O ve 4 cmH<sub>2</sub>O şeklinde ayarlanabilir. Her beş dakikada bir İPAP 1-2 cmH<sub>2</sub>O artırılarak uygun ayar belirlenir. Yetişkinler için maksimum İPAP 30 cmH<sub>2</sub>O'dır. Tedavide amaç alveoler hipoventilasyonun düzeltilmesidir.

Alveolar hipoventilasyonun takibi için altın standart arter kan gazı analizidir. Transkütanöz CO<sub>2</sub> ölçümü ve end tidal CO<sub>2</sub> ile de takip yapılabilir.

**Hastaların takibi:** Hastalara gece NİV tedavisi başlatıldıktan sonra periyodik olarak arter kan gazı ile alveolar hipoventilasyonun düzeliş düzelmediği kontrol edilmelidir. Eğer hastalarda alveolar hipoventilasyon sebat ediyorsa (gece dispne olması, sabah baş ağrısı, kan gazı değerlerinde düzelme olmaması) tedavi modalitesinin değiştirilmesi uygun olabilir . Bu hastalara PSG tekrarı yapılmalıdır.

Hastaların uyanıklık kan gazı değerleri düzeldi ise bu durumda hasta NİV basınçlarının yeniden ayarlanması için PSG tekrarı yapılabilir (19).

#### KAYNAKLAR

1. Olson AL, Zwillich C. The obesity hypoventilation syndrome. *Am J Med* 2005; 118:948.
2. Piper AJ, Grunstein RR. Obesity hypoventilation syndrome: mechanisms and management. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 183: 292-8.
3. Yee BJ, Cheung J, Phipps P, Banerjee D, Piper AJ, Grunstein RR. Treatment of obesity hypoventilation syndrome and serum leptin. *Respiration* 2006; 73: 209-12. 2
4. Kawata N, Tatsumi K, Terada J, et al. Daytime hypercapnia in obstructive sleep apnea syndrome. *Chest* 2007; 132:1832.
5. Banerjee D, Yee BJ, Piper AJ, et al. Obesity hypoventilation syndrome: hypoxemia during continuous positive airway pressure. *Chest* 2007; 131:1678.
6. Leech JA, Onal E, Lopata M. Nasal CPAP continues to improve sleep-disordered breathing and daytime oxygenation over long-term follow-up of occlusive sleep apnea syndrome. *Chest* 1992; 102:1651.
7. Masa JF, Celli BR, Riesco JA, et al. The obesity hypoventilation syndrome can be treated with noninvasive mechanical ventilation. *Chest* 2001; 119:1102.
8. Pérez de Llano LA, Golpe R, Ortiz Piquer M, et al. Short-term and long-term effects of nasal intermittent positive pressure ventilation in patients with obesity-hypoventilation syndrome. *Chest* 2005; 128:587.
9. Chouri-Pontarollo N, Borel JC, Tamisier R, et al. Impaired objective daytime vigilance in obesity-hypoventilation syndrome: impact of noninvasive ventilation. *Chest* 2007; 131:148.
10. Cuvelier A, Muir JF. Acute and chronic respiratory failure in patients with obesity-hypoventilation syndrome: a new challenge for noninvasive ventilation. *Chest* 2005; 128:483.
11. Priou P, Hamel JF, Person C, et al. Long-term outcome of noninvasive positive pressure ventilation for obesity hypoventilation syndrome. *Chest* 2010; 138:84.

12. Borel JC, Tamisier R, Gonzalez-Bermejo J, et al. Noninvasive ventilation in mild obesity hypoventilation syndrome: a randomized controlled trial. *Chest* 2012; 141:692.
13. Adler D, Perrig S, Takahashi H, et al. Polysomnography in stable COPD under non-invasive ventilation to reduce patient-ventilator asynchrony and morning breathlessness. *Sleep Breath* 2012; 16:1081.
14. Fanfulla F, Taurino AE, Lupo ND, et al. Effect of sleep on patient/ventilator asynchrony in patients undergoing chronic non-invasive mechanical ventilation. *Respir Med* 2007; 101:1702.
15. Contal O, Adler D, Borel JC, et al. Impact of different backup respiratory rates on the efficacy of noninvasive positive pressure ventilation in obesity hypoventilation syndrome: a randomized trial. *Chest* 2013; 143:37.
16. Piper AJ, Sullivan CE. Effects of short-term NIPPV in the treatment of patients with severe obstructive sleep apnea and hypercapnia. *Chest* 1994; 105:434
17. Storre JH, Seuthe B, Fiechter R, et al. Average volume-assured pressure support in obesity hypoventilation: A randomized crossover trial. *Chest* 2006; 130:815.
18. Berry RB, Chediak A, Brown LK, et al. Best clinical practices for the sleep center adjustment of noninvasive positive pressure ventilation (NIV) in stable chronic alveolar hypoventilation syndromes. *J Clin Sleep Med* 2010; 6:491.
19. Pérez de Llano LA, Golpe R, Piquer MO, et al. Clinical heterogeneity among patients with obesity hypoventilation syndrome: therapeutic implications. *Respiration* 2008; 75:34.



# Göğüs Duvarı Deformitelerinde Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Kullanımı

İpek Candemir

*Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi,  
Kronik Solunum Yetmezliği Kliniği, Pulmoner Rehabilitasyon ve  
Evde Sağlık Hizmet Sunum Merkezi, Ankara*

## GİRİŞ

Göğüs duvarı, göğüs kafesi, spinal kolon ve respiratuvar kaslardan (diyafragma, interkostal, skalen, pektoral kaslar vb.) oluşmaktadır. Göğüs duvarı hareketleri bunların kendi aralarındaki karmaşık etkileşime bağlı olarak meydana gelmektedir. Kifoskolyoz, torakoplasti, ankilozan spondilit, pektus ekskavatum ve karinatum gibi hastalıklar göğüs duvarı deformiteleri arasında yer almaktadır. Göğüs duvarı hastalıklarında görülen temel patolojik süreçler; göğüs duvarı kompliyansındaki değişiklikleri, değişken derecelerde akciğer kompresyonunu, ventilasyon-perfüzyon dengesizliğini, alveolar hipoventilasyonunu ve pulmoner hipertansiyonu ve kor pulmonaleyi içermektedir (1)

## Solunum Yetmezliği Patofizyolojisi

Sağlıklı bireylerde total akciğer kapasitesi, solunum kasları ve elastik recoil tarafından oluşan basınçlar arasındaki denge ile belirlenmektedir. Glottisin açık olduğu derin inspiryumda, alveol basıncı sıfırdır. Bu olgularda, göğüs duvarının elastik recoil basıncı ve dolayısıyla transrespiratuvar sistem basıncı artar. Sonuç olarak sağlanan denge sağlıklı kişilerde gözlemlenenden çok daha düşük bir hacimde oluşur. Hacim seviyesi de azalmış olduğu için, maksimum akciğer elastik recoil basıncı normalden düşük olur. Ayrıca bu olgularda, göğüs duvar ve akciğer kompliyansında azalmaya bağlı olarak plevral basınçta çok büyük değişiklikler olmadan daha fazla inspiratuvar kuvvet gerekir ve solunum işinde artış olur. Mekanik dezavantaj nedeni ile de inspiratuvar kapasite azalır. İş yükünde artış, güç oluşturma yeteneğinde azalma, artmış oksijen tüketimi ile kas yorgunluğuna bağlı olarak solunum yetmezliğiyle sonuçlanabilir. Solunum iş yükünde artış ile ayrıca hızlı yüzeysel solunum solunum paterni gelişir (2).

Göğüs duvarı hastalığı olan olguların çoğunda hiperkapnik solunum yetmezliği gelişmektedir. Hiperkapni ilk olarak uyku ve egzersiz sırasında gelişmektedir. Ventilasyon perfüzyon dengesi genellikle korunur, hiperkapni akciğer kompliyansındaki azalmaya bağlı olarak solunum kaslarına aşırı yüklenme sonucu gelişir. Solunum iş yükünde artış, azalmış solunum kas aktivitesi nedeniyle ilk olarak uykunun rapid eye movement (REM) evresinde sonrasında non-REM evresinde daha sonra da gündüz olmak üzere hiperkapni gelişir (3,4).

Bu olgularda olan diğer patolojik bulgu ise total akciğer kapasitesi, vital kapasite ve fonksiyonel rezidüel kapasitede azalmadır. Fakat akciğerlerin ve hava yollarının elastik özellikleri ve dolayısıyla rezidüel volümlerde değişiklik olmaz. Pektus ekskavatum ve pektus karinatum gibi hastalıkların solunum pompası üzerine önemli etkisi bulunmamaktadır. Genel olarak sternum hastalıkları nadiren solunum yetmezliğine neden olur. Fakat birkaç kosta kırığına sekonder olan yelken göğüsünde solunum yetmezliği izlenebilir. Ankilozan spondilitte ise, total akciğer kapasitesi ve fonksiyonel rezidüel kapasite azalmadığından nadiren ciddi solunum yetmezliği gelişir. En sık solunum yetmezliğine neden olan kosta anormalliği de torakoplastidir. Skolyoz, kifoz ciddi deformite olduğunda diğer spinal deformitelerden daha ciddi solunum yetmezliğine neden olur. Kifoskolyoz, tüberküloz sekeli, torakoplasti sonrası olgularında solunum yetmezliği riski deformite derecesine hastalık süresine bağlı olarak yüksektir. Ciddi deformite, solunum yetmezliği yanı sıra alveolar hipoventilasyon ve kor pulmonale ile ilişkili olarak bulunmuştur (5).

## Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Tedavisi

**I. NİV mekanizma ve yararları:** Bu olgu grubunda noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) mekanizması ve yararları tam olarak açıklanmasa da, olası mekanizmalar; yorulmuş solunum kaslarının dinlendirilerek solunum kas gücünde, ventilasyonda artış sağlar, gece uygulama ile uyku boyunca olan hipoventilasyonu azaltarak santral hiperkapni cevabını düzenler ve atalektatik alanların açılmasının sağlayarak göğüs duvarı ve akciğer kompliyansını artırır, ventilasyon perfüzyon dengesini düzenler (6-8). Ayrıca, çeşitli çalışmalarda NİV kullanan kifoskolyoz tanılı olgularda maksimum inspiriyum basıncında artışlar olduğu gösterilmiştir (6,9).

2014 Cochrane analizinde bu olgu grubunda nokturnal mekanik ventilasyonun teröpatik yararı düşük olsa da tutarlı olduğunu ve kronik hipoventilasyon semptomlarını kısa dönemde hafiflettiği vurgulanmıştır. Büyük çoğunluğunun motor nöron hastalık grubunu içeren dört çalışmada sağkalımı arttırdığı ve hastaneye yatışı azalttığı gösterilmiştir. Göğüs duvarı deformitesi olan olgu grubunda yaşam kalitesi, sağkalım ve morbiditeye etkili NİV farklı tip ve modlarının uzun dönem yararlarını araştırarak daha fazla randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (10).

Kifoskolyoz gibi göğüs duvarı deformitesi tanısı olan ve kronik solunum yetmezliği eşlik eden olgularda, periferik kas güçleri, dispne ve egzersiz kapasitesinden bağımsız

olarak yaşam kalitesinin etkilendiği gösterilmiştir (11). NİV ile restriktif göğüs duvarı hastalığı olanlarda yaşam ve uyku kalitesinde düzelme, günlük yaşam aktivitelerinde artış izlenmiştir. Ayrıca solunum yetmezliği nedeni ile hospitalize edilen kifoskolyoz veya tüberküloz sekel değişikliği olan olguların yatış süresinde azalma bulunmuştur (8).

Azalmış egzersiz kapasitesi ve efor dispnesi göğü duvarı deformitesi olan olgularda sıklıkla görülen semptom ve bulgulardandır. Egzersiz kapasitesinin spinal deformite, hastalık ciddiyetinden ziyade solunum kas gücü ile daha çok ilişkili olduğu bulunmuştur (12,13). Skolyozu ve tüberküloz sekel değişikliği olan olgularda üç ay süre ile uygulanan NİV ile respiratuvar ve periferik kas endüransında anlamlı olarak artış izlenmiştir (14).

**II. Yüksek riskli olgular:** Vital kapasitesi 1-1.5 L, sekiz yaş öncesi gelişen skolyoz ve ciddi deformitesi olan olguların dört, beşinci dekatta solunum yetmezliği gelişme riski yüksek olarak bulunmuştur (15). Bu olgu grubu erken tanımlanmalı ve nokturnal hipoventilasyon semptomları yönünden sorgulanmalı ve hasta, hasta yakınları bu konuda bilgilendirilmelidir. Solunum yetmezliği genellikle sinsi ilerlediğinden bu olgu grubu uzun dönem takip edilmesi önerilmekte ve akut enfeksiyonlar gibi akut durumlar veya devam eden nokturnal hipoventilasyonu düşündüren semptom ve bulgular varlığında solunum yetmezliği gelişebildiği unutulmamalıdır. Gündüz arteriyel kan gazı değerleri normal olan ve hiperkapnik solunum yetmezliği gelişme riski olan olgularda, NİV ile solunum yetmezliği gelişimini ve komplikasyonlarını azaltabileceği düşünülse de, bu konu hakkında tek kanıt Duchen musküler distrofi tanılı olgularla yapılan bir çalışmada gösterilmiş ve solunum yolu enfeksiyonu sırasında uygulanan proflaktik uygulanan ventilasyon ile sağ kalımını arttırılmasından ziyade kötüleştirdiği gösterilmiştir (16). Başka bir çalışmada ise, poliomiyelit ilişkili skolyozda nokturnal hipoventilasyon varlığında erken başlanan ventilasyon ile solunum kaslarını dinlendirebileceği ve post polimiyelit sendromunu oluşma oranını azaltabileceği gösterilmiştir (17). Gündüz hiperkapnisi olan olgularda sadece nokturnal hipoventilasyonu olanlara göre NİV tedavi endikasyonu daha güçlüdür. Gündüz normal kan gazı değerlerine sahip olan olgularda, nokturnal hipoksi ve hiperkapninin miktarı, polisitemi veya yüksek pulmoner arter basıncı gibi komplikasyonların varlığında nokturnal NİV uygulanabilir ancak uygulama kararı hekime bırakılmıştır (18).

**III. NİV Endikasyonları:** 2016 BTS rehberlerine göre NİV akut olarak kötüleşmiş hiperkapnik tüm göğüs duvarı hastalığı olanlarda denenmeli ve asidoz gelişmesi beklenmemelidir. Ayrıca, akut hastalığı olan vital kapasitesi < 1 L ve solunum sayısı 20/dakika üzerinde olan olgularda normokapnik olsa bile kanıt D düzeyinde NİV önerilmektedir ve spontan solunumla tetikleme zor olacağından kontrollü ventilasyon düşünülmelidir. Eğer, NİV başarısız olursa entübasyon ertelenmemelidir. Göğüs duvarı veya nöromuskular hastalıklarda, akut solunum yetmezliği sonrasında da NİV tedaviye devam edilmelidir. Bu olgularda, NİV başarısızlığının en sık nedeni maske uyumsuzlu-

ğu, dispneden ziyade bulbar disfonksiyondur ve bu olguların takipleri de önemlidir, klinik hızlı ve ani kötüleşebilir. Özellikle oksijen desteğine rağmen yetersiz oksijenizasyon veya NİV tedavisi aralarında hızlı destürasyon, yoğun bakım ünitesinde takip ihtiyacının göstergelerinden biridir (19).

Ülkemizde uygulanan ve Sağlık uygulamaları tebliğine göre restriktif akciğer hastalıklarında; yorgunluk, sabah başağrısı, dispne gibi semptomlar ya da kor pulmonale varlığı ile; arteryal kan gazında parsiyel karbondiyoksit basıncının  $\geq 45$  mmHg veya en az 2 L/dakika akım hızında nazal oksijen desteği altında oksijen saturasyonunun beş dakika süreyle kesintisiz  $\leq \%88$  veya ilerleyici nöromüsküler hastalıklar için maksimal inspratuvar basınç  $\leq 60$  cm H<sub>2</sub>O veya FVC  $\leq \% 50$ , olarak saptanması durumunda NİV önerilmektedir.

**IV. NİV basınç, süre, yeni modlar:** Yapılan güncel çalışmalarda, restriktif akciğer hastalarında uygulanan ve klinik yarar görülen inspratuvar pozitif havayolu basıncı ortalama 12.7–16.5 cmH<sub>2</sub>O olduğu bulunmuştur (20,21). 2016 yılında yayınlanan ve restriktif akciğer hastalığı tanısı olguları da içeren bir çalışmada, düşük basınç ve geleneksel uygulanan basınçta olan NİV uygulamaları karşılaştırılmış (düşük basınçlar inspratuvar pozitif basınç= 10 (6-14) cmH<sub>2</sub>O ve Basınç desteği= 6 (3-9 cmH<sub>2</sub>O olarak tanımlanmış). Düşük basınçlı grupta diğer gruba göre birinci ayda hiperkapni düzeylerinde anlamlı fark görülmesi de, birinci yılda serum karbondioksit ve atak sayısında anlamlı artış izlenmiştir (22).

Yapılan başka bir çalışmada, kronik hiperkapnik olan restriktif göğüs duvarı hastalığı olan olgularda, başlangıçta NİV ile stabilize olduktan ara verildiğinde ilk olarak nokturnal birkaç gün sonra gündüz hiperkapni geliştiği görülmüş ve NİV'nin 24-48 saatten fazla süreyle ara verilmemesi tavsiye edilmiştir (23).

Ortalama hacim güvenceli basınç desteği (AVAPS) gibi yeni havalandırma modları kifoskolyoz tanısı olan olgularda, kronik solunum yetmezliğinde etkili bir tedavi seçeneğidir ve hızlı ve uzun vadede gündüz ve gece hiperkapnide düzelmeye neden olur. AVAPS ile diüurnal arteriyel kan gazında oksijen ve karbondioksit değerlerinde düzelmeye ile uygulamanın beşinci gününde ve birinci yılında nokturnal ortalama kan oksijen saturasyonunda belirgin şekilde iyileştiğini ve bir yıl sonra zorlu vital kapasitenin arttığını göstermiştir (24).

**V. NİV kontrendikasyonları:** NİV kontrendikasyonları diğer tanıli olgulardan farklı değildir. Öksürük refleksi azalmış, yutma fonksiyonları bozulmuş, sekresyonları fazla ve çıkaramayan yani havayolu koruyamayan olgular, sürekli ventilasyon desteği ihtiyacı olan, fasiyal deformite nedeni ile yeterli maske uyumu olmayanlar ve koopere olmayan olgularda NİV önerilmemektedir (25).

## Sonuç

NİV, seçilmiş olgularda yararlı bir yaklaşımdır. Bu olgular hiperkapni semptomları açısından dikkatli sorgulanmalı ve hasta, hasta yakınları hastalık, semptomları yönünden bilgilendirilmelidir. Ayrıca, aralıklı olarak özellikle arteriyel kan gazı, solunum fonksiyon testleri, solunum kas gücünü içeren takip programları yapılandırılmalı ve NİV endikasyonları açısından değerlendirip NİV sonrasında da takiplere devam edilmelidir.

### KAYNAKLAR

1. Celli BR. Chapter 100- Diseases of the diaphragm, chestwall, plevra, and mediastinum. In: Goldman L, Ausiella D. Goldman Cecil, 23 ed. Philadelphia. Saunderselsevier, 2007: 698-99.
2. Bergofsky EH. Respiratory failure in disorders of the thoracic cage. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:643-669.
3. Sawicka EH, Branthwaite MA. Respiration during sleep in kyphoscoliosis. *Thorax* 1987;42:801-808.
4. Midgren B, Petersson K, Hansson L, Eriksson L, Airikkala P, Elmqvist D. Nocturnal hypoxaemia in severe scoliosis. *Br J DisChest* 1988; 82:226-236.
5. Shneerson JM, Simonds AK. Noninvasive ventilation for chest wall and neuromuscular disorders. *EurRespir J* 2002;20:480-487.
6. Menon B, AggarwalB. Influence of spinal deformity on pulmonary function, arterial blood gas values, and exercise capacity in thoracic kyphoscoliosis. *Neurosciences* 2007; Vol. 12 (4):293-298.
7. Lisboa C, Díaz O, Fadic R. Noninvasive mechanical ventilation in patients with neuromuscular diseases and in patients with chest restriction. *Arch Bronconeumol.* 2003;39(7):314-20.
8. Shneerson JM, Simonds AK. Noninvasive ventilation for chest wall and neuromuscular disorders. *EurRespir J* 2002;20(2):480-7.
9. Kafer ER. Idiopathic scoliosis. Gas exchange and the age dependence of arterial bloodgases. *J Clin Invest* 1976;58:825- 33.
10. Annane D, Orlikowski D, Chevret S. Nocturnal mechanical ventilation for chronic hypoventilation in patients with neuromuscular and chestwall disorders. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;(12): CD001941.
11. Cejudo P, Lo'pez-Ma'rquez I, Lopez-Campos JL, et al. Factors associated with quality of life in patients with chronic respiratory failure due to kyphoscoliosis. *DisabilRehabil* 2009;31(11):928-934.
12. Jones GL, Killian KJ, Summers E. The sense of effort, oxygen cost and pattern of breathing associated with progressive elastic loading to fatigue (abstr). *Fed Pmc* 1984;42:1420.
13. Killian KJ, Gandevia SC, Summers E. Effect of increased lung volume on perception of breathlessness, effort and tension. *J Appl Physio* 1984;57:686-69.
14. Schonhofer B, Wallstein S, Wiese C, et al. Noninvasive mechanical ventilation improves endurance performance in patients with chronic respiratory failure due to thoracic restriction. *Chest* 2001;119(5):1371-8.
15. Branthwaite MA. Cardiorespiratory consequences of unfused idiopathic scoliosis. *Br J Dis Chest* 1986; 80: 360-9.

16. Raphael J-C, Chevret S, Chastang C, Bouvet F. Randomised trial of preventive nasal ventilation in Duchenne muscular dystrophy. *Lancet* 1994; 343: 1600-4.
17. Agre JC. Local muscle and total body fatigue. In: Halstead LS, Grimby C, eds. *Post-poliosyndrome*. Philadelphia, Hanley and Belfus Inc., 1994;35-67.
18. Consensus Conference Report. *Clinical indications for noninvasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD and nocturnal hypoventilation*. *Chest* 1999;116(2):521-34.
19. Davidson AC, Banham S, Elliott M, et al. *British Thoracic Society / Intensive Care Society Guideline for the ventilatory management of acute hypercapnic respiratory failure in adults* *BMJ Open RespRes* 2016;3:e000133. doi:10.1136/bmjresp-2016-000133.
20. Tsuboi T, Ohi M, Oga T, Machida K, Chihara Y, Harada Y, et al. Importance of the PaCO<sub>2</sub> from 3 to 6 months after initiation of long-term non-invasive ventilation. *Respir Med*. 2010;104:1850-7.
21. Tsuboi T, Oga T, Machida K, Chihara Y, et al. Importance of ventilator mode in long-term noninvasive positive pressure ventilation. *Respir Med* 2009;103:1854-61.
22. Kadowaki T, Wakabayashi K, Kimura M, et al. Low-intensity noninvasive ventilation: Lower pressure, more exacerbations of chronic respiratory failure. *Ann Thorac Med*. 2016; 11(2): 141-5.
23. Petitjean T, Philit F, Germain-Pastenne M, et al. Sleep and respiratory function after withdrawal of noninvasive ventilation in patients with chronic respiratory failure. *Respir Care* 2008;53(10):1316-23.
24. Piesiak P, Brzecka A, Kosacka M, et al. Efficacy of noninvasive volume targeted ventilation in patients with chronic respiratory failure due to kyphoscoliosis. *Adv Exp Med Biol*. 2015;838:53-8.
25. Chaudhry D, Roshan R. Chapter 38- Noninvasive Ventilation in Chest Wall Deformities: When and Why? *Noninvasive Mechanical Ventilation: Theory, Equipment, and Clinical Applications*. A.M. Esquinas (ed.) Springer International Publishing Switzerland 2016:323-31.

# Nöromusküler Hastalıklarda Noninvaziv Mekanik Ventilasyon

Pervin Hancı, Serpil Öcal

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı,  
İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

## GİRİŞ

Nöromusküler hastalıklarda solunum kas güçsüzlüğü yaygındır. Tutulan bölgeye göre sınıflama **Tablo 1**'de özetlenmiştir. Akut (örneğin; Guillain-Barré sendromu), kronik ve tekrarlayıcı (örneğin; multiple skleroz, myastenia gravis) veya ilerleyici (örneğin; Amyatrofik lateral skleroz) olabilir. Hastalığın klinik seyirinden bağımsız olarak solunum kas güçsüzlüğü gelişimi ciddi bir problemdir. Altta yatan nedenin geri dönüşümlü olmasından bağımsız olarak solunum kas güçsüzlüğüne erken tanı konulması ve destek tedavisine erken başlanması hastanın semptomlarını azaltır, yaşam kalitesini ve sağkalımı arttırmaktadır (1).

İnspiratuvar ve ekspiratuvar solunum kaslarında güçsüzlük ve bulber disfonksiyon; yetersiz ventilasyon, noktural hipoventilasyon ve etkisiz öksürmeye sebep olur. Yetersiz ventilasyona bağlı dispne, ortopne, hızlı-yüzeyel solunum, aksesuar solunum kas kullanımı, torakoabdominal paradoksik solunum, hiperkapni veya hipoksemi gelişebilir. Noktural hipoventilasyon boğulma hissi, insomni, gündüz uykululuğu, başağrısı, yorgunluk ve bilişsel fonksiyonlarda azalma ile ilişkilidir. Bulbar disfonksiyon yutmada güçlük, disartri, disfaji, zayıf çiğnemeye; etkin olmayan öksürük ise aspirasyon, sekresyonları çıkartamama ve pnömoniye sebep olur (1,2).

Nöromusküler hastalıklarda akciğer parankimi normal olduğundan akciğerin elastik recoili ve hava yolu rezistansı normaldir. Musküler basıncın azalması maksimal hava akımını azaltır; ventilasyon azalır. Yetersiz ventilasyon inspiratuvar kas güçsüzlüğüne bağlıdır. Tidal volüm düştüğünde solunum sayısı artarak dakika alveoler ventilasyon korunur. Diyafram güçsüzlüğünde ekspiratuvar kaslar inspiratuvar kaslara destek olur. Aktif ekspirasyon solunum sistemini düşük volüme indirirken (fonksiyonel rezi-

<b>Tablo 1.</b> Tutulan bölgeye göre nöromusküler hastalık nedenleri	
<b>Spinal Kord</b>	
Demiyelizan Hastalıklar Disk basısı Epidural apse Hemoraji Enfarkt	Syringomyeli Tetani Transverse myelit Travma Tümör
<b>Motor Nöron</b>	
Amyotrofik laterak skleroz Servikal Spondiloz Kritik hastalık nöropatisi Polyomyelit Difteri Guillain-Barré Sendromu Ağır metal toksisitesi	Lenfoma Metabolik (porfiri, diabet) Mononöritis multipleks Frenik sinir hasarı Sarkoidoz Vaskülit
<b>Nöromusküler Kavşak</b>	
Botulizm Hiper magnesemi Lambert Eaton Sendromu Myastenia Gravis İlaçlar (nöromusküler bloker, aminoglikozit, antikolinesteraz inhibitörleri)	Organofosfat zehirlenmesi Yılan zehiri Kabuklu deniz ürünü Akrep sokması
<b>Kas</b>	
Asit maltaz eksikliği Metabolik (hipokalemi, hipofosfatemi) Malnütrisyon Mitokondriyal myopati Musküler distrofi	Myotonik distrofi Polimyozit/Dermatomyozit Tiroid Hastalıkları Rabdomyoliz
Kaynak 1'den alınmıştır.	

düel kapasitenin altına) diyaframın ekspiryumda daha fazla yukarı çıkması sağlanır. Böylece diyafram kas liflerinin uzunluğu arttırılır ve daha etkin inspiratuvar güç oluşturabilir. Göğüs duvarı elastik recoil enerjisi arttırılmış olur. Olabilecek en iyi tidal volümü oluşturmak üzere aksesuar kaslar ve diyafragma hareketini desteklemek üzere yerçekimi etkisi kullanılır; ortopne, torakoabdominal paradoksik hareket gelişir. Bu mekanizmalara rağmen tidal volüm belli derecenin altına düştüğünde dakika ventilasyonu korunamaz ve CO<sub>2</sub> retansiyonu gelişir. Yetersiz ventilasyon hipoksemiye de sebep olabilir. Inspiratuvar kas güçsüzlüğüne bağlı olarak atelettazi gelişebilir ve sağdan sola fizyolojik şanta sebep olur. Kronik atelettazi inspiratuvar sistem kompliyansını azaltarak solunum iş yükünü arttırır ve solunum kas güçsüzlüğü çoğalarak kısır döngü gelişir (1).



Hastalığın erken safhasında belirti ve bulgular sadece CO<sub>2</sub> üretiminin arttığı ve azalan ventilasyonun CO<sub>2</sub>'yi normalize edemediği durumlarda (enfeksiyon, ateş vb.) veya uyku sırasında nokturnal hipoventilasyona bağlı görülebilir. Nokturnal hipoventilasyon bulbar disfonksiyon nedeniyle üst hava yolu obstrüksiyonu veya özellikle "rapid eye movement (REM)" uykusunda aksesuar solunum kas aktivitesinde azalma sonucunda gelişebilir (2).

## Tanı

Nöromusküler hastalığı olan tüm hastalar solunum kas tutulumu şüphesi olduğunda objektif fizyolojik testlere tabi tutularak aspirasyon riski ve ventilatuvar destek açısından değerlendirilmelidir. Nöromusküler hastalıklarda solunum kas güçsüzlüğü derecesi periferik kas gücü ile korele değildir ve periferik kas güçsüzlüğü hafifken veya yokken ortaya çıkabilir. Bu yüzden solunum kas fonksiyonunu değerlendiren testler önemlidir (3). Solunum fonksiyon testleri tanıyı doğrular ancak birden fazla test sonucuyla tanının konfirme edilmesi gerekir. Tek bir teste bakılarak tanı konması abartılı tanıya sebep olurken testlerin kombine edilmesi tanısal doğruluğu artırır (4).

## Solunum Fonksiyon Testinde İzlenen Anormallikler

- 1. Saniye zorlu ekspiratuvar volüm (FEV1) , zorlu vital kapasite (FVC) ve total akciğer kapasitesi azalırken (beklenenin %80'inden daha az) FEV<sub>1</sub>/FVC oranı normal kalır (beklenin %70'inden fazla). Ekspiratuvar kas tutulumu olan hastalarda rezdüel volüm artış gösterir (5).
- Supin pozisyonda ölçülen FVC ve vital kapasite (VC) oturur pozisyondakinden %10' dan daha fazla düşüktür (5).
- Maksimal istemli ventilasyon (MVV) azalır (5).
- Maksimal inspiratuvar basınç (MİP) veya maksimal ekspiratuvar basınç (MEP) azalır. MİP diyafram ve diğer inspiratuvar kas gücünü; MEP abdominal kas ve diğer ekspiratuvar kas gücünü yansıtır (5).
- Karbonmonoksit difüzyon kapasitesi (DLCO) eşlik eden parankimal veya vasküler patoloji yoksa normal (> %80 beklenen) kalır (5).

Bu ölçümler basit spirometri ağızlığını kapatamayacak olan bulbar disfonksiyonlu hastalarda yapılamayabilir. Bu hastalarda burun çekme inspiratuvar basınç (SNIP) ölçülebilir. Inspiratuvar kas gücünü gösteren bir diğer yöntem diyafram kalınlığının ultrasonografik ölçümüdür. Kırkiki ALS hastasında yapılan bir çalışmada inspirasyon sırasında ölçülen diyafram kalınlığı MVV, FVC, SNIP ve frenik sinir stimülasyonuna diyafram kas cevabı ile korele olduğu saptanmıştır (6).

Yetersiz öksürme gücü hastalarda aspirasyon, sekresyon retansiyonu, pnömoni ve solunum yetmezliği için yatkınlık oluşturur. Yetersiz öksürük birçok testle saptanabilir.

Zirve öksürük akımı (peak cough flow) (PCF) hastaya derin nefes aldırma sonrasında maske veya ağızlık aracılığıyla peak flow metreye hızlıca öksürtülerek yapılır. PCF 160 L/dakikanın altında olan hastalarda öksürme gücü yetersizdir. 160-270 L/dakika aralığında olan hastalar solunum yolu enfeksiyonları açısından risk altındadır (7). MEP'in 60 cmH<sub>2</sub>O'nun altında olması hastanın öksürüğünün etkin olmadığını gösterir (8). Kullanılan yöntemden bağımsız olarak anormallik düzeyi ile solunum kas zayıflığının derecesi korelasyon gösterir.

## NİV Desteğin Belirlenmesi

Nöromusküler hastalıklarında solunum yetmezliği hem akut hem de kronik olabilir. Klinik subjektif bulgular ve objektif testler birarada kullanılarak mekanik ventilasyon endikasyonu belirlenir. Kardiyorespiratuvar arrest, ciddi solunum sıkıntısı, ciddi kan gazı anormallikleri, aspirasyonla birlikte bulbar disfonksiyonunu olması veya bilinç bulanıklığının olması acil mekanik ventilasyon endikasyonudur. Birçok pulmoner fonksiyon testinin seri ölçümü özellikle solunum sıkıntısı şiddetli olduğunda yol gösterici olabilir (1).

- FVC < %50 beklenen,
- MIP > - 30 cm H<sub>2</sub>O,
- MEP < 40 cm H<sub>2</sub>O,
- VC < 15-20 mL/kg, %60 beklenenin altı veya 1 L'nin altına düşmesi veya önceki ölçüme göre %30-50 düşüş olması,
- SNIP < %35 beklenen.

Klinik çalışmalarda bir ölçümün diğerine üstünlüğü kanıtlanmamıştır ve 20-30-40 kuralı önerilmektedir (VC < 20, MIP -30'dan daha az negatif ve MEP 40'ın altı.)Ancak bu kuralın acil entübasyon ihtiyacını azaltığına yönelik kanıt mevcut değildir (9).

## NİV

Solunum kaslarına; vücuda manuel veya mekanik olarak kuvvet uygulayarak veya hava yoluna aralıklı basınç uygulayarak yardımcı olunabilir. Bazı cihazlar inspiratuvar kaslara yardımcı olurken, diğerleri ağırlıklı olarak ekspiratuvar kaslara yardım ederek öksürmeyi kolaylaştırmaktadır. 1950'li yıllarda popüler olan ve polio salgını sırasında kullanılan vücut tipi-negatif basınçlı ventilatörler (Iron lung, Portalung, Pneumowrap, Cuirass) 1960'lı yıllarda yerini endotrakeal entübasyon ve pozitif basınçlı ventilatörlere bırakmıştır.

İntermitan abdominal basınç ventilatöründe (pnömobelt) abdomene bağlanan kayışın kesesi hava ile şişirildiğinde diyaframı yukarı iterek ekspirasyonu destekler ve fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltır. Kesedeki havanın inmesiyle diyafram aşağı iner ve

inspirasyon gerçekleşir. Sekresyon çıkarmayı kolaylaştırmak, öksürük akımını arttırmak için doğrudan vücuda kuvvet uygulayan manuel veya mekanik ekspirasyon cihazları (Cough assistance) kullanılabilir.

NİV'de oral veya nazal yoldan havayoluna direkt basınç desteği uygulanır ve nöromusküler hastalıklarda sıklıkla kullanılır. Bu tedavi seçeneği çeşitli arayüzler, ventilatör ve ventilatör ayarı ile uygulanabilir. Guillain-Barré sendromu gibi akut nöromusküler hastalığı olan ve kısa süreli (günler) mekanik ventilatör ihtiyacı olan hastalar ve nokturnal hipoventilasyon/kronik solunum yetmezliği nedeniyle uzun süreli intermitan mekanik ventilasyon ihtiyacı duyan hastalar NİV'den fayda görmektedir. Uzun süreli sürekli mekanik ventilatör ihtiyacı duyan hastalarda yüzde dekübit gelişimi gibi potansiyel zararları nedeniyle NİV kullanılmaz. Ağır bulbar disfonksiyon, üst hava yolu obstrüksiyonu, sekresyonları çıkaramama, kötü işbirliği veya yetersiz öksürük durumlarında NİV başarısız olacaktır ve komplikasyonlara sebep olur. Klinisyen potansiyel yarar ve riskler açısından değerlendirerek NİV'e başlamalıdır (10).

Akut solunum yetmezliği ve kısa dönem mekanik ventilasyon ihtiyacı olan nöromusküler hastalığı olanlarda yapılan gözlemsel çalışmalarda NİV'in İMV ihtiyacını azalttığı, yoğun bakım yatış süresini kısalttığı ve mortaliteyi azalttığı saptanmıştır (11-13). Nöromusküler hastalığa bağlı akut solunum yetmezliği olan 28 hastada NİV ve İMV'nin karşılaştırıldığı çalışmada NİV grubundaki hastalarda mortalite ve yoğun bakım yatış süresi daha az saptanmış. Bu çalışmada tedavi başarısızlığı NİV grubu için İMV ihtiyacı; İMV grubunda ise weaning başarısızlığı olarak tanımlanmış ve NİV grubunda tedavi başarısızlığı belirgin olarak daha az saptanmıştır (13). Nöromusküler hastalıklarda akut solunum yetmezliği için NİV uygulanan 17 hastanın alındığı prospektif kohort çalışmada hastaların %79'unda İMV ihtiyacı gelişmemiştir (14). Nokturnal hipoventilasyon veya erken dönem kronik solunum yetmezliği olan hastalarda aralıklı uzun dönem NİV kullanımında ise NİV kronik solunum yetmezliğinin ilerlemesini önleyebilir veya geciktirebilir (14,15). Bourke ve ark. nın yaptığı çalışmada ortopne (MİP beklenenin %60'ından daha az) veya semptomatik gündüz hiperkapnisi gelişen 92 ALS hastası NİV ve standart bakım grubu olarak randomize edilmiş. Bulbar fonksiyonları korunmuş hastalarda median sağkalım kazancı 205 gün saptanmıştır. Bulbar disfonksiyonu olan hastalarda ise yaşam kalitesinde artış izlenmiş ancak sağkalımda farklılık saptanmamıştır (15).

Kronik hipoventilasyona bağlı semptomlar ve kan gazı değerlerinde bozulma nokturnal NİV uygulanması ile tipik olarak düzelir. Ancak sadece gece uygulanan NİV sağkalımı etkilemezken; gündüz ve gece uygulandığında yaşam süresinde artış gözlenmiştir (17). Hastalar düzgün bir şekilde bilgilendirildiğinde trakeostomiye alternatif olarak süresiz kullanıma uyum gösterebilirler.

## Ventilatör Seçimi

NİV için hem volüm hem de basınç kontrollü ventilatörler kullanılabilir. Geçmişte nazal NİV portable volüm veya basınç limitli ventilatörlerle yapılırken günümüzde çoğun-

lukla bilevel pozitif havayolu basıncı (BİPAP S, BİPAP T, BİPAP S/T) sağlayan ventilatörler kullanılmaktadır. Basıncı limitli ventilatörler volüm limitlilere göre daha ucuz, daha kolay taşınabilir ve daha konforludur. Her nefeste hava kaçağını kompanse edecek şekilde inspiratuvar akımı sağlayabilirler. Volüm limitli ventilatörlerde ise kaçağı kompanse etmek için tidal volümün artırılması gerekir. Basıncı kontrollü moda da hava kaçağı fazla olduğunda cihaz hastanın inspiratuvar ve ekspiratuvar akımını algılayamayıp asenkroniye sebep olabilir. Hastanın kas yorgunluğu veya hava kaçağına bağlı olarak cihazı tetikleyememesi durumunda zorunlu solunum desteği alması için BİPAP S/T cihazları çoğunlukla tercih edilir. Back-up hızının hastanın solunum sayısında göre ayarlanması ile, inspirasyonu sonlandıran I/E oranının ayarlanması veya maksimal inspirasyon zamanının ayarlanması asenkroniyi önlemektedir (18).

Orantılı yardımcı ventilasyon (PAV) akış ayarında nefes içi ayarlama yapan ve hastanın çabası ile doğru orantılı olarak inspiratuvar basıncı oluşturan yeni bir moddur. Teorik olarak hasta solunumu ile daha iyi senkronizasyon ve konfor sağladığı düşünülse de BiPAP cihazlarına üstünlüğüne ilişkin kanıtlar, özellikle de nöromusküler hastalığı bulunan hastalarda çelişkilidir. Nöromekanik ayrışma ile hastanın inspiratuvar akımı azaldığında, PAV yeterli ventilatuvar destek sağlayamayabilir (19).

Ortalama hacim garantili basıncı desteği (AVAPS) ve akıllı hacim garantili basıncı desteği (iVAPS) gibi diğer yeni modlar da NİV sağlamak için kullanılabilir. AVAPS'ta hedef tidal volüm ve back up solunum sayısı ayarlanarak ortalama dakika ventilasyonu sağlanır. iVAPS'ta tahmini anatomik boşluk tidal volümden çıkartılarak hesaplanan miktar hedef alveoler volüm olarak ayarlanır. Ancak her ikisinde de hedef hacimlerin karşılanması için inspiratuvar basıncı ayarlayan algoritmalar bulunur. AVAPS'ın basıncı destekli ventilasyonla uyku sırasında karşılaştırıldığı randomize prospektif bir çalışmada dakika ventilasyonu AVAPS ile daha yüksek bulunmuş. Hiperkapnik solunum yetmezliği olan hastalarda AVAPS CO<sub>2</sub> kısmi basıncını standart BiPAP'a göre daha hızlı düşürebilir ancak sağkalım açısından üstünlüğü gösterilememiştir (20).

Ağız yoluyla havalandırma (Mouthpiece ventilation: MPV) diğer ventilatör modaliteleri ile beraber gündüz kullanılabilen başka bir solunum destek yöntemidir. Ağızlık kenarından hava sızdırmaması için hastanın istemli eforunu gerektirir. Hasta ek solunum desteği ihtiyacı duyduğunda ağızlık vasıtasıyla iç çektiğinde oluşan negatif basıncı solunum desteğini tetiklemektedir. Gündüz ventilasyon desteği gereken ve trakeotomiden kaçınan hastalarda gün geçtikçe daha popüler hale gelmektedir. MPV genelde hasta ağızlığına bağlı olmadığından oto-siklusunu önlemek ve etkin olmayan öksürüğü olan hastalarda hava hapsini önlemek için portable volüm kontrollü/asiste ventilatörlerle kullanılır. Tidal volüm klinisyen tarafınca belirlenir, ancak hasta daha düşük volümden solunum isteğinde inspirasyonu sırasında ağızlığı gevşeterek hava kaçağına izin verebilir. Düşük volüm ve apne alarmı kapatılmalıdır ve mümkünse PEEP veya EPAP 0 cmH<sub>2</sub>O ayarlanmalıdır (21). Nazal ve oranasal arayüzlerle karşılaştırıldığında avantajı yüz yararı

yapmaması ve konuşma bölünmesinin daha az olmasıdır. Ancak birçok hasta gastirik distansiyon, tükürük salgısında artış ve kusma bildirmiştir (22).

Nörol kontrollü ventilatör desteği (NAVA) hasta-ventilatör senkronizasyonunu arttırmak için geliştirilen bir moddur. İnvazive veya nazal yastıkçık, maske veya nazofarengal tüp vasıtasıyla noninvaziv olarak kullanılabilir. NAVA hastanın diyafram elektriksel aktivitesini (EAdi) kullanarak hastanın solunumsal güdüsüne göre tetiği senkronize eder ve spontan solunumunu destekler. Geleneksel akım tetiklemeleli noninvaziv ventilatörlere göre kısıtlılıklarından bir tanesi uygulanan desteğin seviyesinin her solukta hasta eforuna orantılı olarak düzenlenememesidir. Ancak EAdi'ye orantılı olarak tepe inspiratuvar akım sağlaması avantajıdır. Elektrik akışı maksimum değerin belirli bir yüzdesinin altına düştüğünde ekspiryum başlar. Bu, hastanın zirve inspiratuvar akım, inspiratuvar basınç, inspiryum ve ekspiryum süresi ve oranını belirlemesine olanak tanır (23). Hava kaçağı çok olsa bile etkin tetiklemeleli sağlandığı tek ventilatör NAVA'dır. Çalışmalarda hasta-ventilatör uyumunu artırdığı gösterilmiştir (24,25).

## NİV Ayarları

Nöromusküler hastalıklarda NİV ayarlarının seçimi genelde ampirik ve semptom bazlı yapılır. Başlangıçta göğüs ekspansiyonu, aksesuar kas kullanımı ve konfora dayalıdır. Çoğu zaman öngörülen ayarlar hastanın teropatik ihtiyacı ile tolere edebildiği değerler arasındadır. Bazı vakalarda başlangıç ayarları teropatik değerin altında kalsa da hastanın maske ve basınca tolerasyonu gelişince (desensitizasyon) arttırılır. NİV ayarları tidal volüm, dakika ventilasyonu ve PaCO<sub>2</sub> seviyesini iyileştirecek şekilde fizyolojik parametrelere göre seçilebilir. Solunum kas yükünün azalmasını gösteren (örneğin; transdiafragmatik basınç) sofistike ölçümler yapılabilir, ancak bu yöntemler genelde araştırma protokolleriyle sınırlıdır. NİV basınç ayarının nöromusküler hastalıklarda polisomnografi ile titrasyonu net değil ve tartışmalıdır. Uyku laboratuvar randevu süresinin uzun olması bu hastalarda tedavi gecikmesine sebep olabilir. Ayrıca, birçok uyku laboratuvarı nöromusküler hastalıklar açısından deneyimsizdir ve dikkat solunum kas yükünden çok obstruktif uyku apne yönündedir. Gündüz kullanımı için yapılan ayarlamalar gece kullanımı için uygun olmayabilir. NİV başlanmasından sonra semptomatik rahatlama sağlanamayan hastalar polisomnografi yapılması açısından değerlendirilmelidir. Gece boyunca oksimetri ile takip yararlı olabilir ancak gaz değişimi normal olsa da uykuyla ilişkili solunum bozukluğu ve kötü uyku kalitesi açısından fikir vermez (18).

Nöromusküler hastalıklarda yüksek basınçlı NİV önerilmez. OSAS veya KOAH olmadıkça hastaların yüksek PEEP ihtiyacı yoktur. Yüksek PEEP bu hastalarda ekspiratuvar kas aktivasyonu yapılabilir. Daha yüksek inspiratuvar basınca sebep olarak hasta toleransını azaltabilir, santral apne ve glottik kapanmaya sebep olabilir. Akciğer fonksiyonları normal olduğundan PEEP 4 cmH<sub>2</sub>O ve 12-14 cmH<sub>2</sub>O inspiratuvar basınç genellikle

yeterlidir. Etkisiz tetikleme ve santral apne ihtimaline karşı backup solunum sayısı 12-16/dakika olarak ayarlanmalıdır (26).

## Duchenne Musküler Distrofisi

Duchenne Musküler Distrofisi (DMD) progresif kas gücü kaybı ile karakterize X kromozomal resesif geçişli bir hastalıktır. Distrofin gen mutasyonuna bağlıdır ve 1:3000 erkek doğumda görülür. Klinik tanı hikaye, fizik muayene ve serum CK düzey yüksekliği ile akla gelir. Kan lökosit DNA mutasyon analizi ile tanı konur. Hastaların 1/3'ünde DNA analizi normaldir. Kas dokusunda immunhistokimya veya protein analizi ile distrofin eksikliği veya anormalliğinin gösterilmesiyle tanı kesinleştirilmelidir. Solunum kas tutulumu morbidite ve mortalitenin en önemli nedenidir. Bu hastalar semptomlar, fizik muayene, akciğer fonksiyon ölçümleri ile sık değerlendirilmeli ve uykuda solunum bozuklukları açısından dikkatli olunmalıdır. Hastalar efektif öksürük kaybedilip alt solunum yolu enfeksiyonu gelişene kadar solunum kas tutulumunu farketmezler. Solunum fonksiyonlarının takibi klinisyene öksürüğün ve ventilasyonun ne zaman destekleneceği hakkında fikir verir (27). Yapılan bir çalışmada DMD'li hastalarda FVC 1 L'nin altına düştüğü zaman ortalama sağkalım süresinin 3.1 yıl olduğunu ve beş yıllık sağkalımın %8 olduğunu bildirmiştir (28). Başka bir çalışmada ise FEV<sub>1</sub> beklenin %20'nin altına düştüğünde gündüz hiperkapnisinin geliştiği ve bu hastalarda sağkalımın iki-üç yıl olduğu saptanmıştır (29). Ventilatuvar kapasite NİV ile desteklendiğinde yaşam kalitesinin arttığı; morbidite ve mortalitenin azaldığı saptanmıştır (30).

Uykuda solunum bozukluğu ve gece hipoventilasyonu olan DMD'li hastalarda tedavide nokturnal nazal intermitan pozitif basınçlı ventilasyon başarılıdır. DMD'de nokturnal NİV uygulananlarda sağkalımın arttığı, uyku kalitesinin iyileştiği, gündüz uykululuğunun azaldığı, gündüz gaz alış-verişinin daha iyi olduğu ve pulmoner fonksiyonlarda düşüş hızının daha az olduğu saptanmıştır (31). CPAP modu DMD hastalarda OSAS eşlik ediyorsa ve nokturnal ventilasyon normale kullanılabilir. Hipoventilasyona bağlı hipokse-mide BİPAP veya volüm destekli ventilatörler kullanılmalıdır. DMD'de hipoksemi sıklıkla hipoventilasyona bağlı olduğundan ventilatuvar destek olmadan oksijen destek tedavisi verilmesinden kaçınılmalıdır. Negatif basınçlı ventilatörler asenkroni ve vokal kord ab-düksiyonu ile üst hava yolu obstrüksiyonunu arttırdığından önerilmez (27).

Zaman içinde DMD'li hastalarda hipoventilasyon ağırlaşır ve 24 saat destek ihtiyacı gelişir. Geleneksel olarak bu hastalara trakeostomi aracılığıyla invaziv mekanik ventilasyon yapılırsa da kontraendikasyonu olmayan durumlarda noninvaziv metodlarla da destek sağlanabilir. Mouthpiece intermitan pozitif basınçlı ventilasyon bu hastalarda sık kullanılan bir tekniktir (27).

Gündüz NİV'i destekleyen diğer yöntemlerde kullanılabilir. Glossofaringeal solumada oral kaslar kullanılarak küçük volümde hava yutularak altı veya daha fazla yudumda

tidal volüme ulaşılabilir. Bu yöntem NİV süresini kısaltabilir ve ventilatör yetmezliğinde kullanışlı olabilir. Ancak sadece bulbar ve fasial kasları korunmuş hastalarda uygulanabilir (27).

## Amyotrofik Lateral Skleroz

Amyotrofik lateral skleroz (ALS) spinal kord, beyin sapı ve motor kortekste motor nöron kaybıyla seyreden nörodejeneratif bir hastalıktır. Hastalığın nedeni halen bilinmemektedir ve tedavisi yoktur. ALS'de solunum fonksiyonu yaşam kalitesi ve sağ kalımın en önemli göstergesidir. Ölüm genellikle solunum kas tutulumuna bağlıdır. Semptomatik solunum kas güçsüzlüğü diğer kas gruplarında güçsüzlükle birlikte ancak ortaya çıkış zamanı farklılık gösterebilir. Solunumsal yakınmayla başvuran hastalarda diğer fenotiplere göre prognoz daha kötüdür (32).

İnspiratuvar kas güçsüzlüğü ile birlikte hipoventilasyon baskındır ve gece REM uykusu sırasında belirginleşir. Santral ve obstruktif apneler birarada görülür; uyku bölünmesine sebep olur. Aksesuar kas kullanımı ve REM uykusu periodunun baskılanması gibi fizyolojik adaptasyon mekanizmaları sıklıkla görülür. Progresyonla birlikte hipoventilasyon uykusu dışına kayar ve tip 2 solunum yetmezliği ortaya çıkar. Diğer nöromusküler hastalıklarda olduğu gibi ateletazi gelişimi hipoksemiye sebep olur; bulbar ve ekspiratuvar kas tutulumu ile öksürük etkinliğinde azalır. Mukus tıkaçları oluşur ve alt solunum yolu enfeksiyonununa zemin hazırlanır. NİV uykusuyla ilişkili solunum bozukluğu ve hipoventilasyonu düzelterek uyku kalitesini artırır (33).

Vrijssen ve ark.nın çalışmasında bulbar disfonksiyonu olmayan hastalarda NİV'in nokturnal oksijenizasyonu, CO<sub>2</sub> seviyesini, uyku etkinliğini, yavaş dalga ve REM uykusunu, arousal frekansını iyileştirdiği saptanmıştır. Bulbar disfonksiyonu olan hastalarda ise REM uykusu sırasında oksijenizasyonda iyileşme dışında uyku yapılanmasında ve solunum indekslerinde iyileşme saptanmamıştır. Hastalarda NİV başlanmasını takiben haftalar ve aylar içinde ek oksijen desteği olmaksızın gündüz arteriyel parsiyel oksijen ve CO<sub>2</sub> basıncında artan düzelme izlenmiştir (34).

Hastalık progresyonu ile NİV günlük kullanım süresinde artış gerekir ve çok ileri safhada aralıksız kullanılması gerekebilir. Kleopa ve ark.nın çalışmasında, NİV kullanımı ile vital kapasite düşüş hızının azaldığı izlenmiştir (35). NİV yapılan ve yapılmayan hastaları karşılaştıran randomize kontrollü çalışmada bulbar disfonksiyonu olmayan ve NİV yapılan hastalarda yaşam kalitesinin arttığı ve sağ kalımın yedi ay uzadığı saptanmıştır (15).

NİV genelde solunum kas güçsüzlüğüne bağlı semptomlar acil olduğunda akla gelmektedir. Bazı hastalarda NİV'in uygun olduğu pencere dönemi kısa olabileceğinden solunumsal semptomların sorgulanması ve solunum fonksiyonlarının monitorizasyonu değerlidir. Gündüz hiperkapnisi gelişmesini takiben destek verilmediğinde sağ kalım 11-44 gündür (36,37). Gözlemsel bir çalışmada erken NİV başlanması (başlangıç VC  $\geq$  %65)

geç başlananlara göre daha yavaş progresyon hızı ve daha uzun sağkalımla ilişkili bulunmuştur (38). Bu çalışmada kriter olarak vital kapasite alınsa da erken NİV tanımı semptom olmadan fizyolojik bozukluklara bakılarak NİV başlanmasıdır. Semptom başlangıcı öncesi NİV başlamak hasta uyumunu azaltabilir. ALS hastalarında erken NİV'in sağkalım ve yaşam kalitesi üzerine etkisini araştıran randomize kontrollü bir çalışma hastaların toleransının daha kötü olması nedeniyle erken sonlandırılmıştır (39). NİV başlama zamanı için kanıta dayalı kriterler olmadığından optimal zamanlama halen net değildir ve bulbar fonksiyonlara dayalı olabilir. Bu hastalarda solunum fonksiyonlarını ve semptomları her üç ayda bir değerlendiren yapılandırılmış bakım artmış NİV kullanımını ve daha iyi sağkalımla ilişkilidir (40).

## Myastenik Kriz

Myastenia Gravis (MG), nöromusküler kavşakta yetmezlikle karakterize otoimmün hastalıktır. Antikorlar kas membranındaki post-sinaptik asetil kolin reseptörünü bloke eder. Myastenia gravisli hastalarda kas güçsüzlüğü yorgunlukla beraber dalgalanma göstermektedir. Dinlenme ile güçsüzlük azalır. Miyastenik kriz (MK), hastalarının yaklaşık %15'inde karşılaşılan, solunum yetmezliği ile seyreden ve mekanik ventilasyon gerektiren hayati bir durumdur. Ancak solunum kaslarını tutmaksızın uyuk ve bulbar kaslarda hızlı ve belirgin gelişen kas güçsüzlüğü de myastenik kriz olarak tanımlanmıştır. Potansiyel olarak hayat tehdit edici olsa da yoğun bakımdaki daha iyi ve agresif bakım ve immünoterapinin yaygın kullanımı ile mortalite hızı belirgin olarak azalmıştır (41). MG başlangıcından itibaren MK'in ortaya çıkma süresi 8-12 ay olarak değişir. Ancak hastaların beşte birinde MG'in başvuru şekli olabilir. Kadınlarda erkeklere göre iki kat daha fazla görünür. Krizler bimodal dağılım gösterir; 55 yaş altında kadın erkek oranı 4/1'ken; 55 yaş üstünde kadın ve erkeklerde eşit orandadır. Hamilelik MG'de şiddetlenme ve yüksek perinatal mortalite ile ilişkilidir (42).

Birçok faktör MK'i tetikleyebilir. En sık neden enfeksiyondur. Diğer tetikleyici faktörler cerrahi, menstürasyon, hamilelik, immunsupresif ajanların doz azaltımı, aşırı sıcağa maruz kalma, ağrı, fiziksel veya emosyonel stres, ilaçlardır (aminoglikozit, eritromisin, beta bloker, prokainamid, kinidin, magnezyum) (43).

MK'de solunum yetmezliği hipoksemik veya hiperkapnik olabilir. Hava yolunun korunamaması; sekresyon çıkartamama veya hipoventilasyon nedeniyledir. İnterkostal, aksesuar solunum kasları veya diyafragma etkilenebildiği gibi bazı hastalarda bulbar disfonksiyon baskındır. Artan CO<sub>2</sub> düzeyine dakika ventilasyon cevabı zayıf olsa da santral solunum dürtüsü normal kalmaktadır. İspirasyon sırasında vokal kordların anormal addüksiyonu nedeniyle üst hava yolu disfonksiyonuna bağlı solunum yetmezliği gelişir. Kapalı hava yoluna karşı solunma yorgun solunum kaslarının iş yükünü daha da arttırır. Zayıf solunum kasları aniden yorulur ve solunumsal kollapsı görülebilir (44).



Yapılan çalışmalarda MK'li hastalarda NİV'in trakeal entübaston ihtiyacını azalttığı; yoğun bakım yatış süresini ve hastanede kalış süresini kısalttığı saptanmıştır. Entübe edilen hastalarla karşılaştırıldığında pulmoner komplikasyon (atelektazi ve pnömoni) hızını da azalttığı izlenmiş (45,46). Ancak NİV başarısının başlama zamanı ile ilişkili olduğu; parsiyel arteryel CO<sub>2</sub> basıncı 45 mmHg'nin üzerindeyse BiPAP başarısının azaldığı saptanmıştır (46).

MG'li hastalar solunum kaslarını da tutan ağır alevlenme ile başvurdıklarında NİV-BiPAP bir an önce başlanmalıdır. Yatak başı pulmoner fonksiyon testlerinin bu hastalarda değeri hastalığın dalgalı seyri nedeniyle tam olarak aydınlatılamamıştır. NİV başlanma kararı klinik değerlendirmeye göre klinisyenin kararı ile yapılmalıdır. NİV ile ventilasyon desteği myastenik krizin düzelleme fazında reentübasyonu önlemek açısından da faydalı olacaktır. Myastenik krizde ekstübasyon başarısızlığı riskinin yüksek olduğu akılda tutulmalıdır. Ekstübasyon sonrası hastanın yorulmasını beklenmeden NİV başlanmalıdır. Ekstübasyon sonrası genellikle halen güçsüz olan hastalara ilk gece boyunca ventilatuvar yetmezliği ve REM uykusu sırasında alveoler kollapsı önlemek için NİV yapılması makul bir uygulamadır (41).

MK iyileştikten sonra çoğunlukla hastaların NİV ihtiyacının kalmaz. Farmakolojik olarak kontrol altına alınamayan jeneralize MG ve diafragma paralizisi gibi devam eden solunum fonksiyon kısıtlılığı olan hastalarda nokturnal NİV taburculuk sonrasında devam edilebilir.

#### KAYNAKLAR

1. Shefner JM, MD, Parsons PE, Morrison RS. Respiratory muscle weakness due to neuromuscular disease: Clinical manifestations and evaluation www.uptodate.com Updated: Sep 01, 2015
2. Mehta S. Neuromuscular disease causing acute respiratory failure. *Respir Care* 2006;51(9):1016.
3. Burakgazi AZ, Höke A J. Respiratory muscle weakness in peripheral neuropathies. *Peripher Nerv Syst* 2010;15(4):307-13
4. Steier J, Kaul S, Seymour J, Jolley C. The value of multiple tests of respiratory muscle strength. *Thorax*. 2007;62(11):975. Epub 2007 Jun 8
5. Kreitzer SM, Saunders NA, Tyler HR. Respiratory muscle function in amyotrophic lateral sclerosis. *Am Rev Respir Dis*. 1978;117(3):437.
6. Pinto S, Alves P, Pimentel B Ultrasound for assessment of diaphragm in ALS. *Clin Neurophysiol* 2016;127(1):892. Epub 2015 Apr 25
7. Sancho J, Servera E, Díaz J Comparison of peak cough flows measured by pneumotachograph and a portable peak flow meter. *J Phys Med Rehabil* 2004;83(8):608.
8. Lawn ND, Fletcher DD, Henderson RD, et al. Anticipating mechanical ventilation in Guillain-Barré syndrome. *Arch Neurol* 2001;58(6):893.
9. Bach JR. Continuous noninvasive ventilatory support for patients with respiratory muscle dysfunction www.uptodate.com Updated: Apr 27, 2017

10. Vianello A, Bevilacqua M, Arcaro G, et al. Non-invasive ventilatory approach to treatment of acute respiratory failure in neuromuscular disorders. A comparison with endotracheal intubation. *Intensive Care Med* 2000;26(4):384.
11. Servera E, Sancho J, Zafra MJ et al. Alternatives to endotracheal intubation for patients with neuromuscular diseases. *Am J Phys Med Rehabil* 2005;84(11):851.
12. Rabinstein A, Wijdicks EF. BiPAP in acute respiratory failure due to myasthenic crisis may prevent intubation. *Neurology* 2002;59(10):1647.
13. Ward S, Chatwin M, Heather S. Randomised controlled trial of non-invasive ventilation (NIV) for nocturnal hypoventilation in neuromuscular and chest wall disease patients with daytime normocapnia. *Thorax* 2005;60(12):1019.
14. Annane D, Chevrolat JC, Chevret S. Nocturnal mechanical ventilation for chronic hypoventilation in patients with neuromuscular and chest wall disorders. *Cochrane Database Syst Rev* 2000:CD001941
15. Bourke SC, Tomlinson M, Williams TL, et al. Effects of non-invasive ventilation on survival and quality of life in patients with amyotrophic lateral sclerosis: a randomised controlled trial. *Lancet Neurol* 2006;5(2):140.
16. Hannan LM, Dominelli GS, Chen YW et al. Systematic review of non-invasive positive pressure ventilation for chronic respiratory failure. *J Respir Med* 2014;108(2):229.
17. Bonekat HW. Noninvasive ventilation in neuromuscular disease. *Crit Care Clin* 1998;14:775-97.
18. Hess DR. Noninvasive ventilation in neuromuscular disease: equipment and application. *Respir Care* 2006;51(8):896.
19. Gay PC, Hess DR, Hill NS. Noninvasive proportional assist ventilation for acute respiratory insufficiency. Comparison with pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(9):1606.
20. Storre JH, Seuthe B, Fiechter R. Average volume-assured pressure support in obesity hypoventilation: A randomized crossover trial. *Chest* 2006;130(3):815.
21. Pinto T, Chatwin M, Banfi P. Mouthpiece ventilation and complementary techniques in patients with neuromuscular disease: a brief clinical review and update. *Chron Respir Dis* 2016;14(2):1-7.
22. Nava S, Navalesi P, Gregoret C. Interfaces and humidification for noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care* 2009;54:71-84.
23. Sinderby C, Navalesi P et al. Neural control of mechanical ventilation in respiratory failure. *Nat Med* 1999;5:1433-6.
24. Alander M, Peltoniemi O et al. Comparison of pressure-, flow-, and NAVA-triggering in pediatric and neonatal ventilatory care. *Pediatr Pulmonol* 2012;47:76-83.
25. Breatnach C, Conlon NP, Stack M. A prospective crossover comparison of neurally adjusted ventilatory assist and pressure-support ventilation in a pediatric and neonatal intensive care unit population. *Pediatr Crit Care Med* 2010;11:7-11.
26. Barbe F, Quera-Salva MA, et al. Longterm effects of nasal intermittent positive-pressure ventilation on pulmonary function and sleep architecture in patients with neuromuscular diseases. *Chest* 1996;110(5):1179-1183.
27. *Respiratory Care of the Patient with Duchenne Muscular Dystrophy ATS Consensus Statement. Am J Respir Crit Care Med* Vol 170. pp 456-465, 2004.

28. Phillips MF, Quinlivan RC, Edwards RH. Changes in spirometry over time as a prognostic marker in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164: 2191–2194.
29. Hukins CA, Hillman DR. Daytime predictors of sleep hypoventilation in Duchenne muscular dystrophy. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161: 166–170.
30. Simonds AK, Muntoni F, Heather S, Fielding S. Impact of nasal ventilation on survival in hypercapnic Duchenne muscular dystrophy. *Thorax* 1998;53:949–952.
31. Gomez-Merino E, Bach JR. Duchenne muscular dystrophy: prolongation of life by noninvasive ventilation and mechanically assisted coughing. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81:411–415.
32. Bourke SC, Steer J. Practical respiratory management in amyotrophic lateral sclerosis: evidence, controversies and recent advances. *Neurodegener Dis Manag* 2016;6(2):147-60.
33. Boentert M, Brenscheidt I. Effects of non-invasive ventilation on objective sleep and nocturnal respiration inpatients with amyotrophic lateral sclerosis. *J Neurol* 2015; 262(9): 2073-2082.
34. Vrijsen B, Buyse B, Belge C, et al. Noninvasive ventilation improves sleep in amyotrophic lateral sclerosis: a prospective polysomnographic study. *J Clin Sleep Med* 2015; 11(5):559-566.
35. Kleopa KA, Sherman M, Neal B, et al. BiPAP improves survival and rate of pulmonary function decline in patients with ALS. *J Neurol Sci* 1999;164(1):82-88.
36. Mustafa N, Walsh E, Bryant V, et al. The effect of noninvasive ventilation on ALS patients and their caregivers. *Neurology* 2006;66(8):1211-17.
37. Baxter SK, Baird WO, Thompson S, et al. The initiation of non-invasive ventilation for patients with motor neuron disease: patient and carer perceptions of obstacles and outcomes. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener* 2013;14(2):105-110
38. Lechtzin N, Scott Y, Busse AM, et al. Early use of non-invasive ventilation prolongs survival in subjects with ALS. *Amyotroph. Lateral Scler* 2007;8(3):185-188.
39. Perez T, Salachas F. Early nasal ventilation in amyotrophic lateral sclerosis: impact on survival and quality of life (the VNP-SLAstudy). *Rev Mal Respir* 2003;20(4):589-598.
40. Farrero E, Prats E, Povedano M, et al. Survival in amyotrophic lateral sclerosis with home mechanical ventilation. *Chest* 2005;127(6): 2132-38.
41. Ping-Hung Kuo and Pi-Chuan Fan. Respiratory Care for Myasthenic Crisis. Chapter from the book *A Look into Myasthenia Gravis*
42. Cohen MS, Younger D. Aspects of the natural history of myasthenia gravis: crisis and death. *Ann N Y Acad Sci* 1981;377:670-7.
43. Thomas CE, Mayer, SA, Gungor, Y, et al. (1997). Myasthenic crisis: clinical features, mortality, complications, and risk factors for prolonged intubation. *Neurology* Vol.48, No.5, pp. 1253-1260, ISSN 0028-3878
44. Juel, VC. (2004). Myasthenia gravis: management of myasthenic crisis and perioperative care. *Seminars in Neurology* Vol.24, No. 1, pp. 75-81, ISSN 0271-8235
45. Seneviratne J, Mandrekar J, Wijidicks EF, Rabinstein AA. Noninvasive ventilation in myasthenic crisis. *Arch Neurol* 2008; 65:54–58.
46. Rabinstein A, Wijidicks EF. BiPAP in acute respiratory failure due to myasthenic crisis may prevent intubation. *Neurology*. 2002;59(10):1647–9.



# Akut Kardiyojenik Pulmoner Ödemde Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Tedavisi

Fatma Yıldırım<sup>1</sup>, Serpil Öcal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SBÜ Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Cerrahi Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara

## GİRİŞ

### Epidemiyoloji

Kalp yetmezliği dünya popülasyonun %2-3'ünü etkilemektedir ve prevalansı yaş ile birlikte artmaktadır. Prevalansı 70-80 yaşları arasında %10-20'ye ulaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki kalp yetmezliğinin ortalama görülme yaşı 75'tir. Hastalık acil hastane yatışlarının %5'ini, global hastane yatışlarının %10'unu oluşturmaktadır. Akut kalp yetmezliği nedeniyle ortaya çıkan akut kardiyojenik pulmoner ödem (AKPE) akut hipoksik solunum yetmezliği nedenlerinden biridir. AKPE'nin standart medikal tedavisi morfin, nitrogliserin, diüretik tedavi, oksijen tedavisi ve gerekli durumlarda mekanik ventilasyon desteğinden oluşmaktadır. Noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV) AKPE epizodlarının %80'inde kullanılmaktadır (1,2).

### NİV'nin Fizyolojik Etkileri

AKPÖ sol ventrikül doluş basınçlarının artmasıyla ve bunun geriye doğru pulmoner kapiller basınçta artışa bu da interstisyel alana ve alveoler boşluğa sıvı ekstrasvasyonu ile sonuçlanmaktadır. Bütün bunlar havayolu basıncı artırır, akciğerin difüzyon kapasitesini ve fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltır. İntrapulmoner şant etkisiyle solunum işyükü artar ve hipoksemi gelişir.

Akciğer ödeminde intratorasik pozitif basınç özellikle ekspiryum sonu pozitif basınç (PEEP) uygulaması (inspira% basınç destekli-bilevel pozitif havayolu basıncı: BiPAP

ya da sürekli pozitif havayolu basıncı: CPAP) bir taraftan toraksa dönen kan volümünü ve sağ ventrikül azaltırken diğer taraftan transmural basınçtaki (Transmural basınç= İntraventriküler basınç-intratorasik basınç) azalma sayesinde miyokardiyal kontrksiyon artar ve kardiyak output düzelir. Bu hastalarda pozitif basınç uygulaması alveolar rekrutment sağlar, bu sayede fonksiyonel rezidüel kapasite ve alveolar ventilasyon artar, solunum iş yükü azalır ve oksijenizasyon düzelir (**Tablo 1**). Kardiyojenik şok ya da sağ kalp yetmezliği tamamen ayrı değerlendirilmesi gereken durumlardır, bu durumlarda NİV kullanılması klinik durumu daha da kötüleştirebilir (3).

### NİV'in Akut Kardiyojenik Pulmoner Ödemde Klinik Etkileri

NİV uygulamasından sonra konvansiyonel oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında hem CPAP hem de BiPAP ile hızlı klinik (solunum sayısında azalma, dispne hissinde düzelme) ve arteriyal kan gazlarında iyileşme ( $\text{PaO}_2$ 'de yükselme,  $\text{PaCO}_2$ 'de düşme, pH'da yükselme) gözlemlendiği birçok çalışmada belirtilmektedir (4-7). Uygulanan tekniğe bağlı olarak değişmekle birlikte bu iyileşme 30 dakikaya kadar görülebilmektedir (8). Hem BiPAP hem de CPAP ile hızlı düzelme görülmektedir, genellikle bu düzelme BiPAP ile daha hızlı olmaktadır. İki teknik arasındaki klinik iyileşmeye kadar geçen süre arasındaki fark bir saate kadar çıkabilmektedir. Aynı şekilde fizyolojik çalışmalarda CPAP'ın AKPE'li hastalarda solunum eforunu azaltmasına rağmen bu etkinin BiPAP ile daha belirgin olduğu belirtilmektedir (9-11).

Diğer çalışmalarda NİV'nin AKPE hastalarında hiperkapnik olanlarda hiperkapnik olmayanlara göre daha faydalı olduğunu ve daha fazla oranda entübasyonu engellediği belirtilmektedir (6,12). Buna rağmen Nava ve ark.nın çalışmasında hiperkapnik hastaların %72'inde kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) bulunurken, hiperkapnik

**Tablo 1.** Akut kardiyojenik pulmoner ödem hastalarında NİV'nin fizyolojik etkileri.

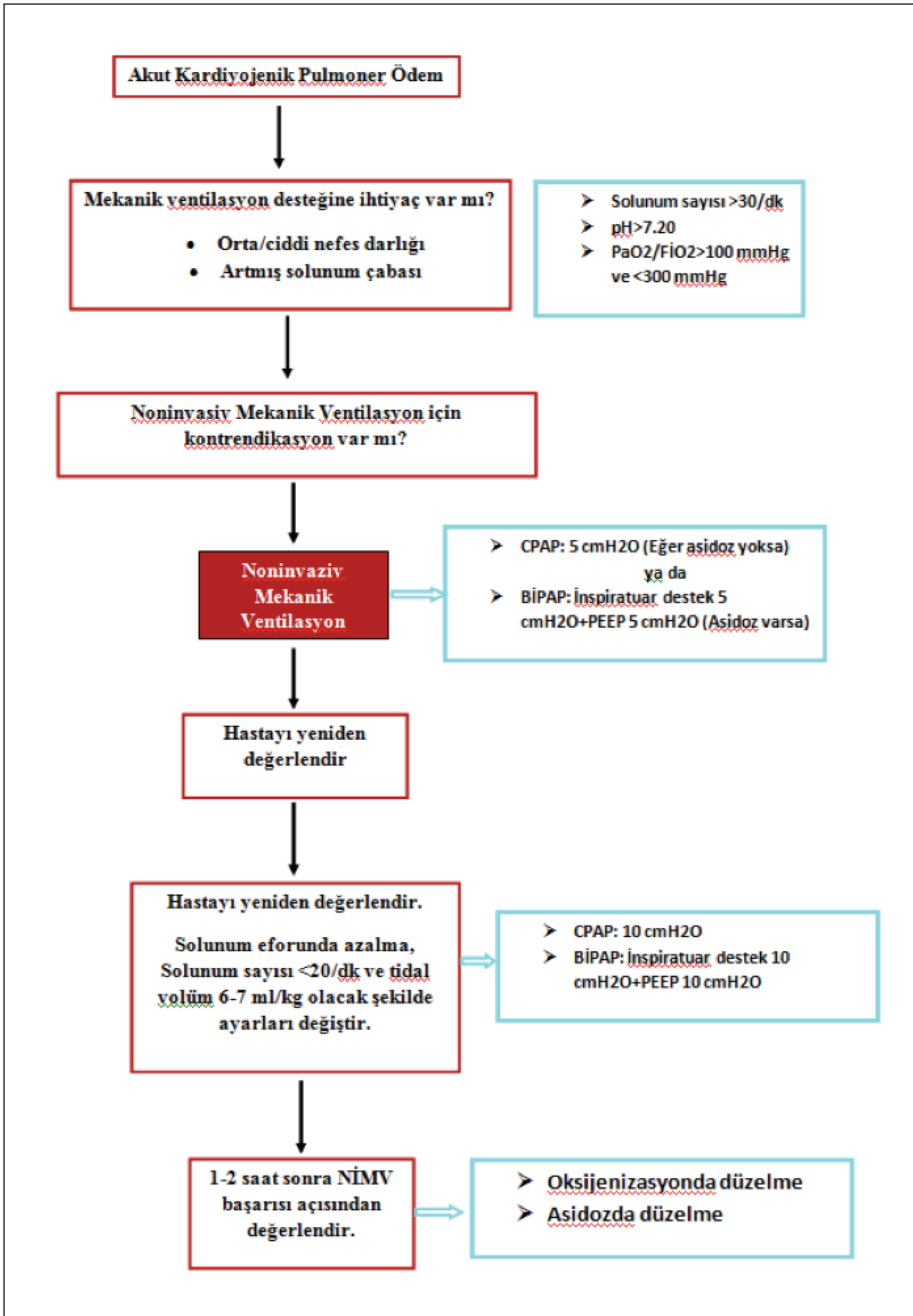
<b>I. Kardiyovasküler Etkileri</b>
• Sağ ventrikül preloadunu azaltır.
• Sol ventrikül afterloadunu azaltır.
• Miyokardiyal kontraktiletiyi artırır.
• Kardiyak outputu artırır.
<b>II. Pulmoner Etkileri</b>
• Alveoler rekrutment
• Fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırır.
• Akciğer kompliyansını artırır.
• Solunum işyükünü azaltır.

olmayan hastaların sadece %11'inde KOAH mevcuttu. Bu bulgu hiperkapninin tek başına değil de altta yatan hastalıkların NİV başarısında etken olduğunu işaret etmektedir (6).

AKPE'de yapılan çalışmalarda ortalama NİV uygulama süresi iki-dört saattir. **Sekil 1**'de uygulama protokolü ile ilgili şema verilmiştir. Konvansiyonel oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında NİV ile hastanede kalış süresinin değişmediği belirtilmektedir (3,4,6,7,13). AKPE olan ve konvansiyonel oksijen tedavisi ile tedavi edilen hastalarda entübasyon oranı çalışmalardaki serilere bağlı olarak değişmekle birlikte %10-28 arasındadır. Bu oran NİV kullanıldığında BiPAP ya da CPAP kullanıldığında %3-12'ye düşmektedir (14).

AKPE hastalarında NİV'nin etkilerini inceleyen en geniş serili çalışma 2008'de Gray ve ark.ları (3) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada 1069 hasta CPAP, BiPAP ve konvansiyonel oksijen tedavilerine randomize edilmişlerdir. Konvansiyonel oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında CPAP ve BiPAP gruplarında dispne hissinde ve pH'da daha hızlı düzelme olmuştur, ancak üç grup arasında entübasyon oranı ve mortalite açısından fark saptanmamıştır. Buna rağmen birçok randomize çalışmada NİV ile entübasyon ihtiyacının daha az olduğu belirtilmektedir (4,13,15,16). Değişik meta-analizlerde konvansiyonel oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığında hem BiPAP ile hem de CPAP ile entübasyon oranında azalma olduğu belirtilmektedir (**Tablo 2**). Entübasyon oranındaki mutlak azalma CPAP'ta %22 iken, BiPAP'ta %18'dir. NİV modları ayrı incelendiğinde CPAP ile mortalitedeki mutlak azalma %13 iken, BiPAP ile bu azalma %7 olarak belirtilmektedir (17). Yakın zamanda yapılan bir meta-analizde de mortalite açısından iki NİV metodu açısından belirgin fark tespit edilmemiştir (18).

Belenguer-Munchanaz ve ark.nın (19) yakın zamanda yaptıkları prospektif, randomize çalışmaya ST elevasyonu olan veya olmayan akut koroner sendrom, hipertansif kriz, kapak problemi, akut aritmi, endokardit ya da kronik kalp yetmezliğinin akut dekompanzasyonu sonucu AKPE olan hastaları dahil etmişlerdir. Altta yatan kronik obstrüktif akciğer hastalığı ya da obstrüktif uyku apnesi olan hastalar çalışmaya dahil edilmemiştir. Hiperkapninin  $\geq 45$  mmHg kabul edildiği çalışmada 54 hastaya BiPAP, 52 hastaya CPAP yapılmıştır. BiPAP grubunda ortalama İPAP düzeyi  $14 \pm 4$  cm H<sub>2</sub>O, EPAP  $6 \pm 1$  cm H<sub>2</sub>O iken, CPAP grubunda ortalama basınç düzeyi  $7 \pm 2$  cm H<sub>2</sub>O olmuştur. Her iki yöntemde de PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> oranında anlamlı düzelme PaCO<sub>2</sub>'de düşme tespit edilmiştir. Ventilasyon süresinde, hastanede kalış süresinde, yoğun bakımda kalış süresinde ve mortalite açısından fark izlenmemiştir. İlk saatteki PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> oranındaki düzelme BiPAP grubunda daha hızlı olmuştur. Altta yatan kronik akciğer hastalığı olmayan hiperkapnik hastalarda BiPAP kullanımının CPAP üzerine klinik olarak anlamlı bir üstünlüğü saptanmamıştır. Yoğun bakımdaki AKPE hastalarında yapılan bir çalışmada CPAP ile PAV (Proportional Assisted Ventilation) karşılaştırılmıştır. PAV uygulanan hastalarda entübasyon oranı aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen (%29 vs. %21, p= 0.71) daha fazla olmuştur (20).



Şekil 1. Akut kardiyojenik pulmoner ödemde NİV uygulaması.



**Tablo 2.** Akut kardiyojenik pulmoner ödem hastalarında NİV uygulamasını değerlendiren değişik meta-analizlerin sonuçları.

Karşılaştırılan Uygulamalar	Entübasyon RR (%95 CI)	Hastane mortalitesi RR (%95 CI)
<b>CPAP vs. O<sub>2</sub></b>		
Weng ve ark. (2010) <sup>14</sup>	0.44 (0.32-0.66)	0.64 (0.44-0.92)
Vital ve ark. (2008) <sup>21</sup>	0.46 (0.32-0.65)	0.58 (0.38-0.88)
Peter ve ark. (2006) <sup>22</sup>	0.44 (0.29-0.66)	0.59 (0.38-0.90)
Masip ve ark. (2005) <sup>23</sup>	0.40 (0.27-0.58)	0.53 (0.35-0.81)
Sun ve ark. (2014) <sup>24</sup>	-	0.57 (0.43-0.75)
<b>BiPAP vs. O<sub>2</sub></b>		
Weng ve ark. (2010) <sup>14</sup>	0.54 (0.33-0.86)	0.82 (0.58-1.15)
Vital ve ark. (2008) <sup>21</sup>	0.68 (0.27-1.73)	0.70 (0.40-1.23)
Peter ve ark. (2006) <sup>22</sup>	0.50 (0.27-0.90)	0.63 (0.37-1.10)
Masip ve ark. (2005) <sup>23</sup>	0.48 (0.30-0.76)	0.60 (0.34-1.05)
Sun ve ark. (2014) <sup>24</sup>	-	0.69 (0.51-0.94)
<b>BiPAP vs CPAP</b>		
Weng ve ark. (2010) <sup>14</sup>	1.23 (0.72-2.10)	1.06 (0.72-1.57)
Vital ve ark. (2008) <sup>21</sup>	0.92 (0.36-2.32)	0.84 (0.26-2.78)
Collins ve ark. (2006) <sup>25</sup>	1.00 (0.15-6.66)	0.81 (0.30-2.17)
Peter ve ark. (2006) <sup>22</sup>	0.94 (0.48-1.86)	0.75 (0.40-1.43)
Ho ve ark. (2006) <sup>26</sup>	0.80 (0.33-1.94)	0.76 (0.32-1.78)
Li ve ark. (2013) <sup>18</sup>	0.89 (0.57-1.38)	0.86 (0.65-1.14)
<b>NİV vs. O<sub>2</sub></b>		
Vital ve ark. (2008) <sup>21</sup>	0.53 (0.34-0.83)	0.62 (0.45-0.84)
Collins ve ark. (2006) <sup>25</sup>	0.43 (0.21-0.87)	0.61 (0.41-0.89)
Masip ve ark. (2005) <sup>23</sup>	0.43 (0.32-0.57)	0.55 (0.40-0.78)

CPAP: Sürekli pozitif havayolu basıncı; BiPAP: Bilevel pozitif havayolu basıncı; CI: confidence interval; O<sub>2</sub>: Konvansiyonel oksijen terapisi; RR:Relatif Risk; conventional oxygen therapy; RR, relative risk; NİV:Non-inva-ziv mekanik ventilasyon.

## Akut Kardiyojenik Pulmoner Ödemde NİV Başarısızlığı İçin Risk Faktörleri

Son 20 yılda AKPE'de NİV kullanımının artması ve klinik faydalarının olmasına rağmen, endotrakeal entübasyon ya da invaziv mekanik ventilasyonun başlanması olarak tanımlanan NİV başarısızlığı AKPE hastalarında %15 civarındadır (21). NİV başarısız olacak hastaların tanınmasındaki ve endotrakeal entübasyonun yapıp invaziv mekanik ventilasyona geçilmesindeki gecikme mortalitede ve morbiditede artışa sebep olmaktadır (27,28). Bu nedenle bu hastaların erkenden tanınması için NİV başarısızlığı için risk faktörlerinin bilinmesi gerekmektedir. Birçok çalışmada NİV başlangıcından sonraki birinci saatteki düzelmeler (pH, PaCO<sub>2</sub>, bilinç düzeyi) başarı için belirleyici olduğu belirtilmiştir (29,30).

Şimdiye kadar çok az çalışmada AKPE hastalarında NİV başarısızlığı ile ilişkili faktörler araştırılmıştır. Shirakabe ve ark.nın 343 hastayı değerlendirdikleri çalışmada, BiPAP Vison ® (B-V) (Respironics, Merrysville, PA, USA) (n= 167) sistemi ile BiPAP Synchrony ® (B-S) (Respironics) (n= 176) AKPE hastalarında karşılaştırılmış ve NİV başarısızlığı için risk faktörleri araştırılmıştır (31). B-V grubunda hastanede kalış süresi anlamlı derecede kısa bulunurken, B-V grubunda 111 olguda B-S grubunda 48 olguda NİV başarısı elde edilmiştir. NİV başarısız olan olgularda her iki grupta da pH değerleri anlamlı derecede düşük bulunmuştur (7.19 ± 0.10 vs. 7.28 ± 0.11, B-S period, p< 0.05; 7.05 ± 0.08 vs. 7.27 ± 0.14, B-V period, p < 0.001). Ayrıca, kan basıncı NİV başarısız olan grupta daha yüksek, PaCO<sub>2</sub> değerleri hem B-V grubunda hem de B-S grubunda (62.4±13.9 mmHg vs. 49.8 ± 15.3 mm Hg, B-S grup, p< 0.05; 82.0±51.4 mmHg vs. 51.2±19.3 mm Hg, B-V grup, p< 0.001) daha yüksek bulunmuştur. ROC eğri analizine göre B-S grubunda pH 7.20 %81.2 sensitivite ve %64.5 spesifisite ile; B-V grubunda pH 7.03 %92.8 sensitivite ve %66.7 spesifisite ile NİV başarısızlığını öngörmüştür. Yakın zamanda Luo ve ark.nın yaptığı prospektif, gözlemsel, 118 AKPE hastasının dahil edildiği çalışmada NİV başarısızlığı %37.7 bulunmuştur (32).

BiPAP senkroni ( Respironics, Murrysville, PA, USA) ile basınç destekli modda (PSV) ile, oronazal maske ile NİV yapılan çalışmada NİV başarısızlığı için risk faktörleri Killip sınıf IV (odds ratio [OR], 28.56; %95 confidence interval [CI], 2.17-375.73; p= 0.011), sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) < %30 (OR, 9.54; 95%CI, 1.01-90.55; p= 0.050), başlangıç B-tip natriüretik peptid (BNP) ≥ 3350 pg/mL (OR, 39.63; 95%CI, 3.92-400.79; p= 0.002) ve AKPE sonrası 24 saat içinde ≥ 400 mL (OR, 13.19; 95%CI, 1.18-147.70; p= 0.036) pozitif sıvı dengesinin olması bulunmuştur. Başka bir çalışmada miyokard enfarktüsü, düşük pH (< 7.25), düşük ejeksiyon fraksiyonu (< %30), hiperkapni (PaCO<sub>2</sub> > 45 mmHg), düşük sistolik kan basıncı (< 140 mmHg) NİV başarısızlığı için bağımsız risk faktörleri olarak bulunurken, hipertansiyon (sistolik kan basıncı > 180 mmHg) NİV başarısızlığından koruyucu bir faktör olarak bulunmuştur (33).

#### KAYNAKLAR

1. Task Force on Acute Heart Failure of The European Society of Cardiology. Guidelines on the diagnosis and treatment of acute heart failure. *Eur Heart J* 2005; <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehi117>
2. Fernández-Vivas M, González-Díaz G, Caturla-Such J, et al. Use of non-invasive ventilation in acute respiratory failure. Multicenter study in intensive care units. *Med Intensiva* 2009;33:153-60.
3. Gray A, Goodacre S, Newby DE, et al. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *N Engl J Med* 2008;359:142-51.
4. Bersten AD, Holt AW, Vedig AE, et al. Treatment of severe cardiogenic pulmonary edema with continuous positive airway pressure delivered by face mask. *N Engl J Med* 1991;325:1825-30.
5. Räsänen J, Heikkilä J, Downs J, et al. Continuous positive airway pressure by face mask in acute cardiogenic pulmonary edema. *Am J Cardiol* 1985;55:296-300.
6. Nava S, Carbone G, DiBattista N, Bellone A, et al. Noninvasive ventilation in cardiogenic pulmonary edema: a multicenter randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:1432-7.
7. Masip J, Betbesé AJ, Páez J, et al. Non-invasive pressure support ventilation versus conventional oxygen therapy in acute cardiogenic pulmonary oedema: a randomised trial. *Lancet* 2000;356:2126-32.
8. Ferrari G, Olliveri F, de Filippi G, et al. Noninvasive positive airway pressure and risk of myocardial infarction in acute cardiogenic pulmonary edema: continuous positive airway pressure vs noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 2007;132:1804-9.
9. Nouira S, Boukef R, Bouida W, et al. Non-invasive pressure support ventilation and CPAP in cardiogenic pulmonary edema: a multicenter randomized study in the emergency department. *Intensive Care Med* 2011;37:249-56.
10. Mehta S, Jay GD, Woolard RH, et al. Randomized, prospective trial of bilevel versus continuous positive airway pressure in acute pulmonary edema. *Crit Care Med* 1997;25:620-8.
11. Chadda K, Annane D, Hart N, et al. Cardiac and respiratory effects of continuous positive airway pressure and noninvasive ventilation in acute cardiac pulmonary edema. *Crit Care Med* 2002;30:2457-61.
12. Rusterholtz T, Kempf J, Berton C, et al. Noninvasive pressure support ventilation (NIPSV) with face mask in patients with acute cardiogenic pulmonary edema (ACPE). *Intensive Care Med* 1999;25:21-8.
13. Park M, Sangean MC, Volpe Mde S, et al. Randomized, prospective trial of oxygen, continuous positive airway pressure, and bilevel positive airway pressure by face mask in acute cardiogenic pulmonary edema. *Crit Care Med* 2004;32:2407-15.
14. Weng CL, Zhao YT, et al. Meta-analysis: noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *Ann Intern Med* 2010;152:590-600.
15. Plaisance P, Pirracchio R, Berton C, et al. A randomized study of out-of-hospital continuous positive airway pressure for acute cardiogenic pulmonary oedema: physiological and clinical effects. *Eur Heart J* 2007;28:2895-901.
16. L'Her E, Duquesne F, Girou E, et al. Noninvasive continuous positive airway pressure in elderly cardiogenic pulmonary edema patients. *Intensive Care Med*. 2004;30:882-8.
17. Winck JC, Azevedo LF, Costa-Pereira A, et al. Efficacy and safety of non-invasive ventilation in the treatment of acute cardiogenic pulmonary edema -a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2006;10:R69.

18. Li H, Hu Ch Xia J, Li X, et al. A comparison of bilevel and continuous positive airway pressure non-invasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *Am J Emerg Med* 2013;31:1322–7.
19. Belenguer-Muncharaz A, Mateu-Campos L, González-Luís, et al. Non-Invasive Mechanical Ventilation Versus Continuous Positive Airway Pressure Relating to Cardiogenic Pulmonary Edema in an Intensive Care Unit. *Arch Bronconeumol* 2017;S0300-2896(17):30049-2.
20. Rusterholtz Th Bollaert PE, Feissel M, et al. Continuous positive airway pressure vs proportional assist ventilation for noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *Intensive Care Med* 2008;34:840-6.
21. Vital FM, Saconato H, Ladeira MT, et al. Non-invasive positive pressure ventilation (CPAP or bilevel NIV) for cardiogenic pulmonary edema. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008:CD005351.
22. Peter JV, Moran JL, Phillips-Hughes J, et al. Effect of non-invasive positive pressure ventilation (NIPPV) on mortality in patients with acute cardiogenic pulmonary edema: a meta-analysis. *Lancet* 2006;367:1155-63.
23. Masip J, Roque M, Sánchez B, et al. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2005;294:3124-30.
24. Sun T, Wan Y, Kan Q, et al. Efficacy of noninvasive ventilation on in-hospital mortality in patients with acute cardiogenic pulmonary edema: a meta-analysis. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi* 2014;42(2):161-8.
25. Collins SP, Mielniczuk LM, Whittingham HA, et al. The use of noninvasive ventilation in emergency department patients with acute cardiogenic pulmonary edema: a systematic review. *Ann Emerg Med* 2006;48:260-9.
26. Ho KM, Wong K. A comparison of continuous and bi-level positive airway pressure non-invasive ventilation in patients with acute cardiogenic pulmonary oedema: a meta-analysis. *Crit Care* 2006;10:R49.
27. Esteban A, Frutos-Vivar F, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med* 2004; 350:2452-60.
28. Carrillo A, Gonzalez-Diaz G, Ferrer M, et al. Non-invasive ventilation in community-acquired pneumonia and severe acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 2012; 38: 458-466.
29. Girou E, Brun-Buisson C, Taille S, et al. Secular trends in nosocomial infections and mortality associated with noninvasive ventilation in patients with exacerbation of COPD and pulmonary edema. *JAMA* 2003;290: 2985-2991.
30. Anton A, Guell R, Gomez J, et al. Predicting the result of noninvasive ventilation in severe acute exacerbations of patients with chronic airflow limitation. *Chest* 2000; 117: 828-833
31. Shirakabe A, Hata N, Yokoyama S, et al. Predicting the success of noninvasive positive pressure ventilation in emergency room for patients with acute heart failure. *J Cardiol* 2011;57:107-114.
32. Luo Z, Han F, Li Y, et al. Risk factors for noninvasive ventilation failure in patients with acute cardiogenic pulmonary edema: a prospective, observational cohort study. *J Crit Care* 2017;39:238-247.
33. Masip J, Paez J, Merino M, et al. Risk factors for intubation as a guide for noninvasive ventilation in patients with severe acute cardiogenic pulmonary edema. *Intensive Care Med* 2003;29:1921–1928.

# Atelektazide Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Kullanımı

Derya Hoşgün

*SBÜ Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Kliniği,  
Yoğun Bakım Ünitesi, Elazığ*

## GİRİŞ

Atelektazi akciğer dokusundaki kollapsa bağlı volüm azalması olup, patofizyolojik mekanizma ve lokalizasyonlara göre sınıflandırılır. Patofizyolojik olarak obstrüktif ve non-obstrüktif olarak ikiye ayrılır. Obstrüktif atelektazi hava yollarındaki blokaja bağlı ventile olmayan alveoler nedeniyle oluşurken, non-obstrüktif atelektazi visseral ve pariyetal plevra arasındaki bağlantı kaybı, parankimal kompresyon, sürfaktan disfonksiyonu veya akciğer dokusundaki infiltratif hastalıklara bağlı meydana gelir; relaksasyon, kompresif, adhesiv, skatrisyon, plate-like olarak sınıflandırılır. Relaksasyon atelektazisi genellikle pnömotoraks, plevral effüzyon ya da geniş büllöz lezyonların etkisiyle pariyetal ve visseral plevra arasındaki bağlantının azalmasıdır. Kompresif atelektazi loküle plevral effüzyon, hemidiyafragma elevasyonu, plevral ya da parankimal solid kitlerin etkisiyle fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRK) azalmasıyla meydana gelir. Adhesiv atelektazi kısmen sürfaktan eksikliği yada disfonksiyonu nedeniyle alveoler instabilite sebebiyle oluşurken, skatrisyon atelektazisi akciğer volüm azalmasına bağlı olarak en sık granülatöz hastalık, nekrotizan veya radyasyon pnömönisi sonrası görülür. Plate-like atelektazisi hipoventilasyona bağlı olup subsegmentaldir (1,2). Atelektazinin fizik muayene bulgusu perküsyon ve oskültasyonda akciğer seslerinde azalma veya yokluğudur. En önemli laboratuvar bulgusu hipoksemidir. Klinik olarak asemptomatik olabildiği gibi nefes darlığı, hipoksemide artış ve aniden yükselen ateş ile seyredebilir. Radyolojik olarak lobar kollapsın direkt bulgusu olarak fissürlerde yer değiştirme, havalanma kaybı, bronşlarda belirginleşme ve damarlarda artış iken, indirekt bulguları hemidiyaframda yükselme, mediasteninin lezyon tarafına çekilmesi, hiler deplasman ve kompanzatuvar hiperaerasyondur (3).

Atelektazinin temel tedavisi gelişimini önlemektir. Tedavi ve önlem amaçlı pulmoner fizyoterapi, mobilizasyon, ekspansiyon manevraları, insentif spirometre, postural drenaj, bronkoskopi, ağrı kontrolü, yüksek akım oksijen, cough asist ve noninvasiv pozitif basınçlı ventilasyon (NİV) kullanılmaktadır (4).

Postoperatif solunum yetmezliğinin en önemli nedeni atelektazidir ve perioperatif dönemde yaklaşık %54-92 oranında görülmektedir. Perioperatif dönemde anestezi etkisi, kullanılan ajanlar, hipoventilasyon, yüksek solutulan oksijen yüzdesi (FIO<sub>2</sub>), mukosilyer klerenste bozulma, postoperatif ağrı ve cerrahi insizyona bağlı FRK azalmayla solunum yetmezliği ve atelektazi gelişir. Atelektazi sonucunda ventilasyon/perfüzyon (V/Q) oranında bozulma, şant, pulmoner vasküler dirençte ve periferik vasküler dirençte artma sonucu hipoksemi oluşur. Oksijenizasyonda bozulma ve akciğer permeabilitesinde artma sonucu akut akciğer hasarı olabilir. Özellikle yaşlı, obez hastaların cerrahisinden sonra risk artmaktadır. Operasyon tipi açısından üst abdomen, kardiyak ve torasik cerrahilerde risk daha fazladır. Postoperatif dönemde ekstübasyon sonrası ilk 6 saatte atelektazi, pulmoner ödem gibi komplikasyonlardan dolayı hastanede yatış gün sayısında, reentübasyon ve nazokomiyal enfeksiyon oranlarında artış meydana gelmektedir. Yüksek mortalite ve morbiditeyle seyretmektedir (5,6).

Atelektazide NİV kullanımı ile ilgili çalışmalar sıklıkla preoperatif veya postoperatif cerrahi hastalarda yapılmıştır. Postoperatif atelektaziden dolayı hipoksemisi olan abdominal cerrahi sonrası 209 hastayı içeren çalışmada tek başına oksijen ile sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP) tedavisi karşılaştırılmış ve CPAP alan sekresyonu olmayan grupta endotrakeal entübasyon, pnömöni, enfeksiyon ve sepsis insidansında azalma tespit edilmiştir (7). Franco ve ark.nın kardiyak cerrahi sonrası 26 hastalı çalışmasında inspiratuvar ve ekspiratuvar basınç düzeyleri ayrı ayrı belirlenebilen pozitif hava yolu basıncı (BiPAP) verilen grupta atelektazinin ve solunumsal parametrelerin bu daha hızlı düzeldiğini tesbit etmişlerdir (8). Abdominal cerrahi sonrası hipoksemik solunum yetmezliği gelişen 293 hastalı çalışmada oksijen ile NİV tedavisi karşılaştırılmış ve NİV alan grupta reentübasyon, enfeksiyon oranı daha düşük bulunmuş ama mortaliteye açısından fark saptanmamıştır (9). Sonuçta atelektazi tedavisinde erken dönem NİV uygulaması ile reentübasyon riskinde ve yoğun bakımda kalma süresinde azalma, oksijenizasyonda düzelme olmaktadır.

NİV bir yüz maskesi yolu ile ventilasyon desteğinin sağlanmasıdır. Bu yöntemin en önemli avantajı solunum yetmezliği tedavisinde entübasyona ihtiyaç duyulmadan ve invaziv mekanik ventilasyon ilişkili komplikasyon oranını azaltmasıdır (10,11). Bu yöntem için en güçlü adaylar havayolu refleksleri korunmuş, iletişim kurulabilen, hemodinamik açıdan stabil olan hastalardır. Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) alevlenmelerinde, kardiyojenik pulmoner ödem ve bağırsıklığı baskılanmış hastalarda ilk tercihken, nöromusküler hastalık, son dönem hastalar, astım atağı ve postoperatif solunum yetmezliğinde ve pnömönide nadir olarak kullanılmaktadır (10,12). Koopere

olamayan, hemodinamik instabilitesi olan hastalarda invaziv mekanik ventilasyon geciktirilmemelidir (6). NİV sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP) veya inspiratuvar ve ekspiratuvar basınç düzeyleri ayrı ayrı belirlenebilen pozitif hava yolu basıncı (Bi-PAP) sağlayan cihazlarla kullanılmaktadır (5,6). Servislerde portable kullanılan NİV cihazlarında basınç düzeyleri inspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (İPAP) ve ekspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (EPAP) olarak isimlendirilirken, yoğun bakım tipi ventilatörlerde pressure support (PSV) ve PEEP olarak tanımlanır (13,14). CPAP'da inspiratuvar destek sağlamayıp, ekspiratör sonunda pozitif basınç destek sağlayarak, atelektazik alanları açar, gaz alışverişi düzeltir ve FRK'de düzelmeye sağlar (5,10). BiPAP'da inspiratuvar ve ekspiratuvar pozitif basınçlı ventilasyonla gaz alışverişinde düzelmeye, solunum iş yükünde azalma, alveoler ventilasyonda artmaya neden olur (10,11). Sonuçta atelektazide NİV uygulaması ile hava yolları ve alveollerdeki kollaps önlenir, FRK ve gaz değişimi artar, diyafragma aktivitesi iyileşir, solunum iş yükü ve intertisyel ödemi azaltmaktadır (5,6).

NİV uygulama yeri yeterli donanım, gereç ve monitorizasyona göre post-anestezik bakım ünitesi (PACU), servis veya yoğun bakım üniteleridir. Profilaktik ve tedavi amaçlı kullanılabilir. PACU'da profilaktik olarak NİV yaşlı, obez, eşlik eden KOAH veya kardiyak hastalığı olan, obstrüktif sleep apne sendromu (OSAS), tiroidektomi sonrası trakeomalazisi ve bariatrik cerrahi gibi yüksek riskli cerrahi hastalarda önerilir (5,6). Uygulama için temel araçlar münitör, hastanın anatomisine uygun maske, ventilatör, ventilatör devresi ve nemlendiricidir (12).

NİV'de tam yüz, helmet, oronazal veya nazal maske kullanılabilir. Hastanın anatomisine ve konforuna uygun maske seçilmelidir. Klinik pratikte daha sıklıkla oronazal maske kullanılmaktadır. A tipi aortik disseksiyon sonrası NİV uygulanan 40 hastalı çalışmada helmet, oronazal maske karşılaştırılmış ve helmet maske kullanılan grupta atelektazi gibi postoperatif komplikasyonlara daha az olduğu tespit edilmiştir. Fakat post-operatif dönemde helmet tipi maske kullanımında kusma ve bulantı riski arttığı için dikkatli kullanılmalıdır (5,15).

Yoğun bakım tipi NİV cihazları ile servis tipi NİV cihazlarının devrelerinde farklılıklar mevcuttur. Yoğun bakım tipi NİV cihazlarında inspirasyon ve ekspirasyona ait çift devre kullanırken, portable servis tipi NİV'de genellikle tek devre kullanılmaktadır. Tek devreli cihazlarda ekshalasyona ait valv dikkat etmek gereklidir (12). NİV uygulamasının başında hastaya uygun pozisyon verilmeli, mümkünse yatak başı 45° dereceye yükseltilmeli ve hasta bilgilendirilmelidir. NİV'de uygulamasında süreler ile ilgili yapılan çalışmalarda farklılıklar mevcuttur. Genel olarak kabul edilen CPAP için 5-10 cmH<sub>2</sub>O arası pozitif basınç başlangıç için yeterliyken; BiPAP uygulamasında hasta tetikli, akım tetikli veya basınç tetikli modlar seçilmeli, ekspiratuvar tidal volüm 5-7 mL/kg, solunum hızı dakikada 25'den az, oksijen saturasyonu  $\geq$  %90-95 olacak şekilde FiO<sub>2</sub> verilmeli, inspiratuvar tetikleme akım tetiklemede 1-2 L/dakika, basınç tetiklemede -1 ve -2 cm-

H<sub>2</sub>O, inspirasyon/ekspirasyon oranı 1/2, inspirasyon akım hızı orta-yüksek olacak şekilde İPAP ve PEEP ayarlanmalıdır. BiPAP modunda öncelikle PEEP ile başlanması, PEEP düzeyinin 5-8 cmH<sub>2</sub>O olarak başlanması, daha sonra İPAP'ın, PEEP'in 2 cmH<sub>2</sub>O üzerinde olacak şekilde, 2 cmH<sub>2</sub>O artışlarıyla en fazla 20-25 cmH<sub>2</sub>O ayarlanmalıdır (5,6,16). Yüksek basınçlı NİV uygulamalarında barotravma riski göz önünde bulundurulmalıdır. Uygulama süresi olarak PACU'da pulmoner komplikasyon riski yüksek olan hastalarda, atelektazi gibi postoperatif komplikasyonlardan korumak amaçlı ekstübasyon sonrası bir saat uygulama arkasında iki-üç gün aralıklı uygulama önerilmiştir. Kardiyak cerrahi sonrası hastalarda profilaktik kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda günde dört defa 30 dakika boyunca 5 cmH<sub>2</sub>O CPAP veya NİV uygulaması önerilirken; bazı çalışmalarda 10 cmH<sub>2</sub>O CPAP her dört saatte bir 10 dakika veya en az altı saat boyunca devamlı uygulanması ile atelektazi riskinde azalma tespit edilmiştir (5,17,18). Torasik cerrahi abdominal ve bariatrik cerrahi sonrası profilaktik NİV ile ilgili çalışmalarda ekstübasyon sonrası ilk üç gün içinde uygulandığında atelektazi gibi pulmoner komplikasyonlarının önlenmesinde başarılı bulunmuştur. Tedavi amaçlı NİV ilk dört-altı saatte daha başarılıdır; fakat gebeler ve acil cerrahi operasyon sonrası gastrik problemler nedeniyle uygun değildir. Sonuçta yapılan çalışmalarda NİV uygulama süresi olarak profilaktik ekstübasyon sonrası ilk 24 saatte bir kez ya da her 2-4-6 saatte bir 10-30-45-60 dakika; tedavi amaçlı aralıklı iki-dört saatte bir 60-90 dakika uygulanmalar mevcuttur. Hastanın klinik yanıtına göre süresi, basınç düzeyleri azaltılabilir (5,6,13,16).

NİV uygulama esnasında vital bulgular, ventilatör uyumu, bilinç durumu, göğüs hareketleri gözlenmelidir. İlk 15 dakikada klinik yanıt genelde gözlenirken, 15-20 dakikada solunum hızında azalma olmalı ve genellikle birinci veya ikinci saatte alınan kan gazı oksijenizasyon değerlendirilmesi yapılmalıdır (5,10).

Atelektazi NİV tedavisinin komplikasyonları diğer endikasyonlarla NİV kullanım komplikasyonları ile aynıdır. CPAP tedavisinin majör komplikasyonu intolerans, akciğer hiper ekspansiyonu sonucu alveoler ölü boşluk artması ve intratorasik basınç artışı sonucu hipotansiyon, azalmış venöz dönüşür (5). NİV ile en sık ağız kuruluğu, gastrik distansiyon, nazal kuruluk, hava kaçağı, göz iritasyonu, burun derisinde yaralanma görülür (10). Batın cerrahisi geçiren hastalarda CPAP ve BiPAP etkinliğinin karşılaştırıldığı çalışmada nazogastrik tüp ile NİV uygulandığı ve gastrik distansiyon yan etkisinin görülmediği belirtilmiş; fakat aynı çalışmada hava kaçaklarının fazla olduğu belirtilmiş (19). Batın cerrahisi sonrası NİV komplikasyonu olarak bazı çalışmalarda gastrik distansiyon ve aspirasyon sık gözlenirken bazı çalışmalarda gözlenmemiştir (20). Komplikasyon riski yüksek olduğu durumlarda 6-8 cmH<sub>2</sub>O gibi düşük basınç seviyelerinin kullanılması önerilmektedir (21).

## Sonuç

Son yıllarda atelektazinin önlenmesinde ve tedavisinde perioperatif hastalarda NİV uygulamaları sıklıkla kullanılmaktadır. NİV tedavisinin uygulama süresi ve basınçlarla ilgili net protokoller ne yazık ki bulunmamaktadır ve çalışmalara ihtiyaç vardır.



**KAYNAKLAR**

1. Woodring JH, Reed JC. Types and mechanisms of pulmonary atelectasis. *J Thorac Imaging* 1996;11:92.
2. Muller NL, Fraser RS, Colman NC, et al. *Radiologic diagnosis of diseases of the chest*, Saunders, Philadelphia 2001.
3. Freundlich IM. Pulmonary Atelectasis In: Freundlich IM, Bragg DG (eds). *A radiologic approach to diseases of the chest; 2 nd ed. Williams &Wilkins: Baltimore 1997:73-88.*
4. Villalona RM, Alises SM, Lobato SD. Resolution of Obstructive Atelectasis with Non-Invasive Mechanical Ventilation. *Arch Bronconeumol* 2014;50(10):452-453.
5. Neligan PJ. Postoperative Noninvasive Ventilation. *Anesthesiology Clin* 2012;30:495-511.
6. Özyılmaz E, Kaya A. Postoperatif hastada gelişen solunum yetmezliğinde noninvaziv mekanik ventilasyonun yeri. *TuberkToraks* 2012;60(2):185-92.
7. Ireland CJ, Chapman TM, Mathew SF, et al. Continuous positive airway pressure (CPAP) during the postoperative period for prevention of postoperative morbidity and mortality following mahor abdominalsurgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 1;8.
8. Franco AM, Torres FC, Simon IS, et al. Assessment of noninvasive ventilation with two levels of positive airway pressure patients after cardiac surgery. *Bras Cir Cardiovasc* 2011;26(4):582-90.
9. Jaber S, Lescot T, Futier E, et al. Effect of Noninvasive Ventilation on Tracheal Reintubation Among Patients With Hypoxemic Respiratory Failure Following Abdominal Surgery. *A Randomized Clinical Trial. JAMA* 2016;315:1354.
10. Ergan B. Noninvaziv Mekanik Ventilasyon. *Türkiye Klinikleri J Intensive Care-Special Topics* 2015;1(1):92-8.
11. Organized jointly by the American Thoracic Society, the European Respiratory Society, the European Society of Intensive Care Medicine and the Societe de Reanimation de Langue Francaise and approved by ATS Board of Directors, December 2000. *International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(1):283-91.
12. Çekmen N. Noninvaziv Mekanik Ventilasyon. In: Yağar S (ed) *Ventilasyon Akıl Notları*, GünAkpınar S. *Noninvasive Mechanical Ventilation in Postoperative Respiratory Failure. J Clin Anal Med* 2014;5(suppl 3):421-6. eş Tıp Kitapevi Ltd Şti, Ankara 2017:137-147.
13. Akpınar S. Noninvasive Mechanical Ventilation in Postoperative Respiratory Failure. *J Clin Anal Med* 2014;5(suppl 3):421-6.
14. Kaya A, Çiledağ A. Noninvasive mechanical ventilation. In: Özlu T, Metintaş M, Karadağ M, Kaya A editors. *Respiratory system and diseases. 1st ed. İstanbul: Medical Publishing 2010:1843-60.*
15. Yang Y, Sun L, Liu N, et al. Effects of Noninvasive Positive-Pressure Ventilation with Different Interfaces in Patients with Hypoxemia after Surgery for Stanford Type A Aortic Dissection. *Med Sci Monit* 2015;21:2294-2304.
16. Çıtak N, Metin M. Akciğer Rezeksiyonu ve Künt Toraks Travması Sonrası Noninvaziv Ventilasyon Desteği. In: Kaya A, Uçgun İ (ed). *Noninvaziv Mekanik Ventilasyon, Güncel Göğüs Hastalıkları Serisi*, Ankara 2013:130-149.
17. Liao G, Chen R, He J. Prophylactic use of noninvasive positive pressure ventilation in post-thoracic surgery patients: a prospective randomized control study. *J Thorac Dis* 2010;2:205-9.

18. Zarbock A, Mueller E, Kindgen- Milles D, et al. Prophylactic nasal continuous positive airway pressure following cardiac surgery protects from postoperative pulmonary complications: a prospective, randomized, controlled trial in 500 patients. *Chest* 2009;135:1252-9.
19. Yağlıoğlu H, Köksal GM, Erbabacan E, Ekici B. Batın Cerrahisi Geçiren Hastalarda Postoperatif Noninvazif Mekanik Ventilasyon Yöntemlerinin (CPAP ve BiPAP) Uygulamasının Solunum Mekanikleri ve Gaz Değişimi Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması. *Turk J Anaesth Reanim* 2015; 43:246-52.
20. Narita M, Tanizawa K, Chin T, et al. Noninvasive Ventilation Improves the Outcome of Pulmonary Complications after Liver Resection. *InterMed* 49,2010:1501-1507.
21. Jaber S, Chanques G, Jung B. Postoperative non-invasive ventilation. *Anesthesiology* 2010; 112: 453-61.

# Kanser Hastalarında Noninvaziv Mekanik Ventilasyon Uygulamaları

Arzu Topeli

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara*

## GİRİŞ

Günümüzde kanserli hastaların yaşam süresi uzamıştır. Bu nedenle kanserli hastaların hastalıklarının çeşitli dönemlerinde yoğun bakım ihtiyaçları artmıştır. Eskiden kanserli kritik hastaların yoğun bakım ünitelerinde izlemeleri, artmış ölüm oranları nedeni ile istenmez ve uygun görülmez iken, günümüzde bu hastaların sadece uzun dönem değil, yoğun bakım ünitelerinde de sağkalımları artmıştır (1). Kanser hastalarının yoğun bakım ünitesine en sık yatış nedeni akut solunum yetmezliği olup, diğer nedenlere kıyasla prognozu kötüdür (2). Özellikle mekanik ventilasyon gereksinimi olan ve akut respiratuar distres sendromu (ARDS) olanlarda prognoz daha kötüdür (2). Lösemi hastalarının yaklaşık %50'sinde süreç boyunca akut solunum yetmezliği geliştiği gösterilmiştir (3). Geçmişte, özellikle invazif mekanik ventilasyon gereksinimi olan kemik iliği transplantasyonu yapılmış olan hastalarda mortalite oranının %90'lar civarına çıkabildiği gösterilmiştir (4). Ancak günümüzde kanserli yoğun bakım hastalarında %30'lara varan düşük ölüm oranları bildirilmiştir (5).

Kanser hastalarında en sık solunum yetmezliği nedeni pnömoni olup, diğer enfeksiyonlara bağlı sepsis ve ARDS, ilaçlar (kemoterapi) veya radyoterapi gibi tedaviler, metastaz veya lökostataz gibi hastalığa bağlı durumlar, graft-versus-host hastalığı, alveolar kanama, non-enfeksiyöz bronşiolitis gibi inflamatuvar durumlar, pulmoner tromboemboli, nöromusküler sorunlar (ilaç ilişkili, para-neoplastik, metastaz vb.), kanser veya tedaviye bağlı havayolu problemleri de solunum yetmezliği nedenleri arasındadır. Hipoksemik solunum yetmezliği ön planda olmasına rağmen nadiren hiperkapnik solunum yetmezliği de görülebilmektedir (2).

Kanser hastaları özellikle hastalığın aktif döneminde nötropeni olsun olmasın immünespresif bir hasta grubudur ve bu nedenle artmış enfeksiyon riski söz konusudur. Ay-

rica, kanser hastalarında çeşitli nedenlere bağlı kanama riski de yüksektir. Entübasyonun girişimsel bir işlem olması nedeniyle kanama ve enfeksiyon riskini arttırması söz konusudur. Öte yandan noninvasiv mekanik ventilasyon (NİV), başta kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) zemininde gelişen akut solunum yetmezliği olmak üzere akut hiperkapnik solunum yetmezliğinde ve olumlu hemodinamik etkilerinden de dolayı kardiyojenik pulmoner ödem tedavisinde çok etkilidir. Buna karşın NİV'in pnömoni başta olmak üzere hipoksemik solunum yetmezliğinde etkinliği düşüktür (6).

Kanser hastalarının heterojen bir grup olması ve çoğunlukla hipoksemik solunum yetmezliği olması nedenleri ile NİV'in bu hasta grubunda tedavi etkinliği konusunda farklı sonuçları olan çalışmalar mevcuttur. Kanser hastalarında NİV etkinliği ile ilgili çalışmalar kısıtlı olduğundan (7,8) ve çoğunlukla hematolojik kanserlere yönelik olduğundan (9-11), bu derlemede ek olarak terminal (entübasyon yapmama veya resüsitasyon uygulamama kararları olan hastalar) hasta grubundaki çalışmalara da yer verilecektir.

### **Kanserli Hastalarda Solunum Yetmezliğinde NİV'in Yeri**

KOA ve kardiyojenik pulmoner ödemde NİV'in nozokomiyal enfeksiyon gelişimi riskini, antibiyotik kullanımını, yatış süresini ve mortaliteyi azalttığı gösterilmiştir (12). Ülkemizden Türkoğlu ve ark.nın yaptığı bir çalışmada, hematolojik kanserli ARDS hastalarında NİV alan hastaların ölüm oranının invazif mekanik ventilasyon uygulananlara göre daha düşük olduğu gösterilmiştir (13). Bu çalışmada ek olarak en olumsuz sonucun tek başına invaziv mekanik ventilasyondan ziyade, %78 oranında NİV'den sonra entübasyon uygulanan hastalarda olduğu gösterilmiştir.

NİV ile ilgili çalışmaların hemen hepsindeki en önemli bulgu, NİV başarısızlığının ve NİV'den invaziv mekanik ventilasyona geçmenin ölüm riskini arttırdığıdır. Bu nedenle, NİV tercihi ve uygulamasında çok yakın izlem gerekmektedir. Adda ve ark.nın (4) yaptığı bir çalışmada, hematolojik kanseri olan hastaların yaklaşık yarısında NİV'in başarısız olduğu ve entübasyon ihtiyacı geliştiği gösterilmiştir. NİV'in başarısız olduğu hasta grubunda mortalite, hastane yatış süresi ve nozokomiyal enfeksiyon sıklığı yüksektir. Bu hasta grubunun NİV altında iken daha hipoksemik, takipneik ve vazopresör ajan gerektirecek düzeyde hipotansif oldukları gösterilmiştir. Çok değişkenli analizde NİV başarısızlığını öngören bağımsız risk faktörleri takipne, NİV başlanmasında gecikme, vazopresör kullanımı, renal replasman tedavisi ihtiyacı ve akut respiratuar distres sendromu bulunmasıdır. Her ne kadar retrospektif olan bu çalışmada neden-sonuç ilişkisi net olarak konulmasa, hasta seçim yanlılığı mevcut olsa da NİV'in endikasyon olan hastada geciktirilmemesi, ancak NİV başarısızlığı için risk faktörü olan hastalarda da hasta özelinde kar-zarar dengesi gözetilerek entübasyonun geciktirilmemesi sonucuna varılabilir. Kontrol grubu olmayan retrospektif bir çalışmada, akut solunum yetmezliği nedeniyle NİV başlanan hematolojik kanserli hastalarda NİV başarısızlığı %64 olarak saptanmış olup, NİV başarısızlığı olan hastalarda mortalite daha fazladır (14).

Yüzde 58'i hematolojik kanserli ve nötropenik olan toplam 52 immünsüpresif, ateşi, pulmoner infiltrasyonları ve akut solunum yetmezliği olan hastalarda yapılmış olan NİV ile oksijen tedavisinin karşılaştırıldığı prospektif randomize kontrollü çalışmada NİV tedavisinin standart tedaviye göre entübasyon sıklığı, komplikasyon ve ölüm oranını azalttığı gösterilmiştir (15). Ölüm oranında azalma hematolojik kanseri olan hastalarda diğer immünsüpresyon nedenleri olan hastalara göre daha belirgindir. Buna karşın, %80'inden fazlası kanser olan toplam 374 immünsüpresif kritik hastada yapılan randomize kontrollü çalışmada NİV ile oksijen tedavisi karşılaştırılmış, ancak ölüm oranı ve diğer sonlanım noktaları arasında fark gösterilememiştir. (16). Ancak bu çalışmanın hasta sayısı açısından gücü yetersiz olup, oksijen tedavisi alan kontrol grubunun yaklaşık %40'ında standart oksijen tedavisine göre daha etkili olan yüksek akım nazal oksijen (YANO) tedavisi uygulanmıştır. Başka çalışmalarda da NİV'in YANO'ya göre entübasyon riskini arttırdığı gösterilmiştir (17,18).

NİV ile invaziv mekanik ventilasyonun karşılaştırıldığı 11'i kanser hastalarında olan kohort ve vaka-kontrol 13 çalışmadan oluşan meta-analizde, NİV'in invazive göre ölüm oranını azalttığı ve bu etkinin hastalık şiddeti düşük hastalarda daha belirgin olduğu gösterilmiştir (19).

## Kanserli Hastalarda Terminal Dönemde NİV'in Yeri

Solunum yetmezliğinde mekanik ventilasyon yaşam kurtarıcı olmakla birlikte yaşamın son döneminde entübasyon uygulanması gereksiz (boşuna) bir uygulama olabilmektedir. Birçok gelişmiş ülkede kanser başta olmak üzere kronik hastalıklar sürecinde hastalar entübasyon ve resüsitasyon istemeyebilmektedirler. Bu durumlarda NİV uygun bir seçenek gibi görünmektedir. Yapılan çalışmalarda entübasyon yapmama istemi verilmiş hastalarda altta yatan KOAH ve kardiyojenik pulmoner ödem veya konjestif kalp yetmezliği varlığında, bilinç durumunun ve öksürük refleksinin iyi olduğu durumlarda NİV'in akut solunum yetmezliğini geri döndürebilme ve mortaliteyi azaltma etkinliğinin iyi olduğu ancak hipoksemik solunum yetmezliğinde ve son dönem kanser tablosunda etkinliğinin az olduğu gösterilmiştir (20,21).

Sadece palyatif izlenen altı aydan kısa yaşam beklentisi olan solid tümörlü hastaların alındığı randomize kontrollü bir çalışmada NİV'in oksijen tedavisine göre dispne şiddetini ve morfin ihtiyacını daha çok azalttığı gösterilmiştir (22).

## Sonuç

Akut solunum yetmezliği olan, hastalık şiddeti göreceli olarak hafif olup, bilinç kaybı, hemodinamik dengesizlik olmayan makul bir yaşam beklentisi olan kanser hastalarında NİV deneyimli kullanıcılar tarafından uygulandığında etkilidir ve invazif mekanik ventilasyona göre komplikasyonları daha azdır. Ancak hastaların çok yakın izlenmeleri ve gerektiğinde erken entübasyonun uygulanabilmesi gereklidir. Öte yandan palyatif dönemdeki hastalarda da dispne semptomunun kontrol altına alınmasında etkilidir.

**KAYNAKLAR**

1. Azoulay E, Soares M, Darmon M, et al. Intensive care of the cancer patient: recent achievements and remaining challenges. *Ann Intensive Care* 2011;1: 5.
2. Pastores SM, Voigt LP. Acute Respiratory Failure in the Patient with Cancer: Diagnostic and Management Strategies. *Crit Care Clin* 2010; 26: 21-40.
3. Chaoui D, Legrand O, Roche N, et al. Incidence and prognostic value of respiratory events in acute leukemia. *Leukemia* 2004; 18: 670-5.
4. Adda M, Coquet I, Darmon M, et al. Predictors of noninvasive ventilation failure in patients with hematologic malignancy and acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2008; 36: 2766-72.
5. Soares M, Caruso P, Silva E, et al. Characteristics and outcomes of patients with cancer requiring admission to intensive care units: a prospective multicenter study. *Crit Care Med* 2010; 38: 9-15.
6. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet* 2009; 374: 250-9.
7. Nava S, Cuomo AM. Acute respiratory failure in the cancer patient: the role of non-invasive mechanical ventilation. *Clin Rev in Oncol/Hematol* 2004; 51: 91-103.
8. Saillard C, Mokart D, Lemiale V, Azoulay E. Mechanical ventilation in cancer patients. *Minerva Anestesiol* 2014; 80: 712-25.
9. Squadrone V, Ferreyra G, Ranieri M. Non-invasive ventilation in patients with malignancy: a new prospective. *Minerva Anestesiol* 2015; 81: 1118-26.
10. Schnell D, Lemiale V, Azoulay E. Non-invasive mechanical ventilation in hematology patients: let's agree on several things first. *Crit Care* 2012; 16: 175-7.
11. Azoulay E, Lemiale V. Non-invasive mechanical ventilation in hematology patients with hypoxemic acute respiratory failure: a false belief. *Bone Marrow Transplant* 2012; 47: 469-72.
12. Girou E, Schortgen F, Delclaux C, et al. Association of noninvasive ventilation with nosocomial infections and survival in critically ill patients. *JAMA* 2000; 284: 2361-7.
13. Türkoğlu M, Erdem GU, Suyani E, et al. Acute respiratory distress syndrome in patients with hematological malignancies. *Hematology* 2013; 18: 123-30.
14. Liu J, Bell C, Campbell V, et al. Noninvasive Ventilation in patients with hematologic malignancy: a retrospective study. *J Intensive Care Med* 2017; doi: 10.1177/0885066617690725.
15. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, et al. Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever, and acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001; 344: 481-7.
16. Lemiale V, Mokart D, Resche-Rigon M, et al. Effect of noninvasive ventilation vs oxygen therapy on mortality among immunocompromised patients with acute respiratory failure: a randomized clinical trial. *JAMA* 2015; 314: 1711-9.
17. Coudroy R, Jamet A, Petua P, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy versus noninvasive ventilation in immunocompromised patients with acute respiratory failure: an observational cohort study. *Ann Intensive Care* 2016; 6: 45. doi: 10.1186/s13613-016-0151-7.
18. Frat JP, Ragot S, Girault C, et al. Effect of non-invasive oxygenation strategies in immunocompromised patients with severe acute respiratory failure: a post-hoc analysis of a randomised trial. *Lancet Respir Med.* 2016; 4: 646-52.
19. Wang T, Zhang L, Luo K, et al. Noninvasive versus invasive mechanical ventilation for immunocompromised patients with acute respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pulm Med* 2016; 16: 129-42.

20. Levy M, Tanios MA, Nelson D, et al. Outcomes of patients with do-not-intubate orders treated with noninvasive ventilation. *Crit Care Med* 2004; 32: 2002-7.
21. Schettino G, Altobelli N, Kacmarek RM. Noninvasive positive pressure ventilation reverses acute respiratory failure in select "do-not-intubate" patients. *Crit Care Med* 2005; 33:1976-82.
22. Nava S, Ferrer M, Esquinas A, et al. Palliative use of non-invasive ventilation in end-of-life patients with solid tumours: a randomised feasibility trial. *Lancet Oncol* 2013; 14: 219-27.





# Zor Weaningde Noninvaziv Ventilasyonun Rolü

Arzu Topeli

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara*

## GİRİŞ

Akut solunum yetmezliği tedavisinde mekanik ventilasyon yaşam kurtarıcı olmakla birlikte mekanik ventilasyona bağlı komplikasyonlar nedeniyle en kısa zamanda ventilatörden ayırma (weaning) gerçekleştirilmelidir. Weaning süresinin toplam mekanik ventilasyon süresinin nerede ise yarısını oluşturduğu bilinmektedir (1). Özellikle kronik akciğer hastalığı varlığında tekrarlayan entübasyon sıklığı artmaktadır. Sıklığı %15'i bulabilen tekrar entübasyon, önemli bir mortalite ve morbidite nedenidir (1). Öte yandan mekanik ventilasyon süresinin de uzaması morbidite ve mortaliteyi arttırdığından, optimum zamanda weaning gerçekleştirilmesi önemlidir (2). Ancak günümüzde birçok nedenden dolayı weaning güçlüğü yaşanmaktadır.

2007 yılındaki uluslararası uzlaşi raporuna göre başarılı weaning, ekstübasyon ve 48 saat içinde mekanik ventilasyon ihtiyacı olmaması olarak kabul edilmektedir. Başarısız weaning denilebilmesi için de üç kriterden en az birinin olması gerekmektedir:

1. Ventilatörden ayırma denemesinin (spontan solunum denemesi) başarısız olması ve mekanik ventilasyonun tekrar başlaması,
2. Ekstübasyon sonrası 48 saat içinde tekrar entübasyon ve/veya tekrar mekanik ventilasyon gerekmesi,
3. Ekstübasyon sonrası 48 saat içinde ölüm (2).

Uluslararası uzlaşi raporuna göre weaning sürecine göre weaning, üç gruba ayrılabilir:

1. **Basit weaning:** bu kategoride hastalar ilk denemede herhangi bir zorluk olmaksızın ventilatörden ayrılırlar ve ekstübe edilirler.

2. **Zor weaning:** ilk denemede başarısız olup, 3 spontan solunum denemesi (SSD) veya ilk denemeden sonra bir hafta içinde ventilatörden ayrılma olarak tanımlanmaktadır.
3. **Uzamış weaning:** 3 SSD'ye rağmen veya ilk denemeden sonra bir haftadan uzun süre ayrılamayan hastaları içerir.

NİV'in bazı akut solunum yetmezliği olgularında etkin bir uygulama olması nedeniyle özellikle weaning güçlüğü olan hastalarda da kullanımı gündeme gelmiştir. Bu nedenle ekstübe olmasına rağmen NİV desteğinin devam ettiği durumlar için "devam eden weaning" ifadesi kullanılmaktadır (2). Ancak bu sınıflandırmaya göre weaning sürecindeki hastaların nerede ise %50'si herhangi bir gruba girmemektedir (3): SSD başarılı olmasına rağmen ekstübe edilemeyen, SSD başarısız olmasına rağmen ekstübasyon yapılan, kazara veya kendiliğinden ekstübasyon, erken trakeotomi yapılan, ekstübasyon sonrası NİV uygulanan durumlar. Bundan yola çıkılarak, yeni bir sınıflandırma önerilmiştir (3). Önerilen yeni sınıflandırmada "weaning denemesi" SSD veya SSD olmaksızın planlı veya kendiliğinden ekstübasyon olarak; "başarılı ekstübasyon" ise ekstübasyon sonrası NİV uygulanmasından bağımsız, sonraki yedi gün içerisinde tekrar entübasyon veya ölüm gerçekleşmemiş planlı veya kendiliğinden ekstübasyon olarak kabul edilmektedir. Buna göre de hastalar beş gruba ayrılmaktadır:

1. **Grup 0** (weaning sürecinin gerçekleşmemesi): weaning denemesi yapılmaması veya weaning dışı nedenlerle (nörolojik veya havayolu sorunu) trakeotomi yapılması
2. **Grup 1** (basit weaning): SSD ile weaning denemesi sonucu bir gün içinde başarılı ekstübasyon
3. **Grup 2** (zor weaning): ilk deneme sonrası iki-yedi gün içinde veya  $\leq 3$  deneme sonucunda başarılı ekstübasyon
4. **Grup 3** (uzamış weaning): grup 3a (başarılı uzamış weaning); ilk deneme sonrası  $> 7$  gün ve/veya  $> 3$  deneme sonucunda başarılı ekstübasyon
5. **Grup 3b** (hiç weaning yapılamaması): en az 1 weaning denemesine rağmen hiç başarılı ekstübasyon yapılamaması.

Bu çalışmada yeni klasifikasyon yaklaşık 2700 hasta üzerinde test edilmiş, uluslararası klasifikasyona göre hastaların %50'si gruplandırılmazken, yeni klasifikasyona göre hastaların %99'u gruplandırılabilmiştir. Hastaların dörtte biri grup 0 yani hiç weaning süreci gerçekleşmemiş hastalar (kendi içinde %10'u diğer nedenlerle trakeotomi açılan) iken, kalan hastaların üçte ikisi grup 1'de (basit weaning) yer almış, kalanların yarısı grup 3'de (uzamış weaning) yer almış ve üçte ikisinde weaning gerçekleştirilememiştir (grup 3b). Grup 3b'nin %20'sine weaning için trakeotomi açılmıştır (3). Grup 1'den 3b'ye gidildikçe, mekanik ventilasyon ve yatış süresi ile mortalite artmaktadır.

Bu derlemede mekanik ventilasyon süresini uzatmamak için uygun hastalarda doğrudan ekstübasyon ve hemen NİV uygulaması ile, zor ve uzamış weaning süreçlerinde, ve ekstübasyon sonrası gelişen solunum yetmezliğinde önleyici ve tedavi edici olarak NİV'in yerinden bahsedilecektir.

### **Weaning Amaçlı NİV**

Bununla ilgili ilk randomize kontrollü çalışmada hiperkapnik solunum yetmezliği nedeniyle entübe ancak ilk spontan solunum denemesi başarısız olmuş KOAH hastalarında ekstübasyon sonrası doğrudan NİV uygulamasının entübasyona devam edilerek konvansiyonel weaning süreci yürütülmüş hastalara göre yatış süresi, nozokomiyal pnömoni ve 60 günlük mortalite sıklığını azalttığı gösterilmiştir (4). Benzer başka bir çalışmada hasta sayısı az olması nedeniyle NİV'in weaning süresi ve diğer sonlanım noktalarına anlamlı etkisi saptanmasa da entübasyon süresini kısalttığı gösterilmiştir (5). Üç gün ardarda weaning başarısızlığı yaşanan hastalarda yapılan benzer çalışmada NİV'in entübasyon, mekanik ventilasyon ve yatış sürelerini kısalttığı, nozokomiyal pnömoni, trakeotomi açılma ve mortalite sıklığını azalttığı gösterilmiştir (6). Ancak, bu çalışmada anlamlı etki kronik akciğer hastalığı olan hastalarda belirgindir.

NİV'in weaning amacı ile kullanıldığı çalışmaların ele alındığı bir metanalizde, NİV'in pnömoni, yatış süresi, mekanik ventilasyon süresi ve mortaliteyi azaltıcı etkisinin olduğu ve bu etkisinin özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) varlığında daha belirgin olduğu sonucuna varılmıştır (7). NİV'in weaning amaçlı ve post-operatif dönemde kullanıldığı çalışmaların ele alındığı başka bir meta-analizde NİV'in yatış süresini kısalttığı, pnömoni, tekrar entübasyon ve mortalite oranlarını azalttığı gösterilmiştir (8).

### **Başarılı Weaning Sonrası Solunum Yetmezliği ve Tekrar Entübasyonu Önleyici Amaçlı NİV**

Randomize kontrollü bir çalışmada SSD'yi başarı ile geçen, ekstübasyon sonrası hiperkapnik seyreden ve altta yatan kronik solunum yetmezliği olan hastalarda NİV'in, oksijen tedavisine göre solunum yetmezliği gelişme, tekrar entübasyon ve mortalite sıklığını azalttığı gösterilmiştir (9). Bu ve başka çalışmalar ile ekstübasyon sonrası hiperkapnik seyreden hastalarda erken NİV uygulamasının önleyici rolü olduğundan söz edilebilir (9-11). NİV'in başarılı ekstübasyon sonrası önleyici rolünün olabileceği hastalar solunum yetmezliği riskinin fazla olduğu 48 saatten fazla mekanik ventilasyon desteği almış olan hastalar olup, en az 1 kriter var ise düşünülmelidir: birden fazla weaning deneme başarısızlığı, kronik kalp yetmezliği, hiperkapni, birden fazla komorbidite, zayıf öksürük, yüksek hastalık şiddeti, 65 yaş üzeri, obezite (12).

## Başarılı Weaning Sonrası Gelişen Solunum Yetmezliği İçin Tedavi Amaçlı NİV

Bu çalışmalara karşın elektif olarak ekstübe edilen ancak solunum yetmezliği gelişen hastalar üzerinde yapılan çok merkezli randomize kontrollü çalışmada NİV'in standart medikal tedaviye göre tekrar entübasyon sıklığını azaltmadığı, hatta NİV grubunda mortalite oranının fazla, tekrar entübasyona kadar geçen sürenin ise daha uzun olduğu gösterilmiştir (13). Ancak bu çalışmada kronik akciğer hastalığı olan hasta oranı yaklaşık %10 civarındadır. Benzer sonuç başka bir tek merkezli çalışmada da gösterilmiş olup, bu çalışmada da solunum yetmezliği nedenleri heterojendir ve kronik akciğer hastalığı sıklığı azdır (14). Bu çalışmalar nedeniyle İngiliz solunum ve yoğun bakım derneklerinin akut hiperkapnik solunum yetmezliğinin mekanik ventilasyon ile tedavisi kılavuzunda weaning sonrası KOAH dışında gelişen solunum yetmezliği tedavisinde rutin olarak NİV kullanımı önerilmemektedir (15). Ancak KOAH varlığında denenebileceği söylenmektedir.

Bunlara karşın, NİV'in abdominal cerrahi sonrası gelişen hipoksemik solunum yetmezliği olan hastalarda standart oksijen tedavisi ile karşılaştırıldığı, çok merkezli randomize kontrollü çalışmada, bu hasta grubunda da NİV'in başarılı olduğu, NİV grubunda tekrar entübasyon, nozokomiyal enfeksiyon sıklığının ve mekanik ventilasyon süresinin daha az olduğu gösterilmiştir (16).

### Sonuç

Spontan solunum denemesi için kriterleri karşılmasına rağmen başarısız weaning denemeleri olan ve zor veya uzamış weaning sürecinde olan özellikle KOAH ve hiperkapnik solunum yetmezlikli hastalarda weaning metodu olarak NİV gündeme gelmelidir. Başarılı ekstübasyon sonrası solunum yetmezliği riski yüksek hastalarda yakın monitorizasyon ile önleyici amaçlı NİV uygulaması düşünülmelidir. Ancak başarılı ekstübasyon sonrası gelişen solunum yetmezlikli olgularda rutin kullanımı önerilemese de yakın monitorizasyon ile seçilmiş olgularda ve özellikle KOAH varlığında tedavi (kurtarıcı) amaçlı NİV uygulaması düşünülebilir.

#### KAYNAKLAR

1. Çelikel T, Topeli İskit A. Mekanik Ventilasyonun Sonlandırılması (Weaning). *Yoğun Bakım Dergisi* 2004;4:205-10.
2. Boles JM, Bion J, Connors A, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2007; 29: 1033-56.
3. Béduneau G, Pham T, Schortgen F, et al. Epidemiology of Weaning Outcome according to a New Definition. The WIND Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2017; 195: 772-83.

4. Nava S, Ambrosino N, Clini E, et al. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiration failure due to chronic obstructive pulmonary disease. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1998; 128: 721-8.
5. Girault C, Daudenthun I, Chevron V, et al. Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute-on-chronic respiratory failure. A prospective, randomized controlled study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 86-92.
6. Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, et al. Noninvasive ventilation during persistent weaning failure. A randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 70-6.
7. Burns KEA, Adhikari NKJ, Keenan SP, Meade M. Use of non-invasive ventilation to wean critically ill adults off invasive ventilation: meta-analysis and systematic review. *BMJ* 2009; 338: b1574.
8. Glossop AJ, Shepherd N, Bryden DC, Mills GH. Non-invasive ventilation for weaning, avoiding reintubation and in the postoperative period: a meta-analysis. *Br J Anaesth* 2012; 109: 305-14.
9. Ferrer M, Sellares J, Valencia M, et al. Non-invasive ventilation after extubation in hypercapnic patients with chronic respiratory disorders: randomised controlled trial. *Lancet* 2009; 374: 1082-88.
10. Nava S, Gregoretti C, Fanfulla F, et al. Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high risk patients. *Crit Care Med* 2005; 33: 2465-70.
11. Ferrer M, Valencia M, Nicolas JM, et al. Early non-invasive ventilation averts extubation failure in patients at risk: a randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 164-70.
12. Ferreyra G, Fanelli V, Del Sorbo L, Ranieri VM. Are guidelines for non-invasive ventilation during weaning still valid? *Minerva Anestesiol* 2011; 77: 921-6.
13. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, et al. Non-invasive positive pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med* 2004; 350: 2452-60.
14. Keenan SP, Powers C, McCormack DG, Block G. Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress. *JAMA* 2002; 287: 3238-44.
15. Davidson AC, Banham S, Elliott M, et al. BTS/ICS guideline for the ventilatory management of acute hypercapnic respiratory failure in adults. *Thorax* 2016; 71: ii1-35.
16. Jaber S, Lescot T, Futier E, et al. Effect of noninvasive ventilation on tracheal reintubation among patients with hypoxemic respiratory failure following abdominal surgery. *JAMA* 2016; 315: 1345-53.



## *Ev Tipi BiPAP Endikasyonları, Ayarları ve Hasta Takibi*

Müge Aydoğdu

*Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı,  
Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara*

### **GİRİŞ**

Noninvaziv mekanik ventilasyon (NİV)'nin hastane ortamında akut solunum yetmezliği (SY) tedavisinde kullanımı son 15-20 yıldır artış göstermiştir. Benzer şekilde, kronik SY hastalarında uzun süreli, evde NİV kullanım sıklığı da giderek artmaktadır. Evde mekanik ventilasyonun tanımı; günlük ventilasyonun üç aydan daha uzun bir süre ile trakeostomiden veya noninvaziv olarak maske ile kişinin evinde veya hastane dışında başka bir bakımevinde gerçekleştirilmesidir (1). Evde NİV tedavisi primer olarak obstrüktif akciğer hastalıklarında, nöromusküler hastalıkta, obezite hipoventilasyon sendromunda (OHS) ve restriktif göğüs duvarı hastalıklarında kullanılmaktadır. Jansens ve ark.nın raporunda İsviçre'de 2000 yılında en sık evde NİV tedavi kullanım endikasyonu olarak kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve OHS'de saptanmıştır (2). Bu çalışmada evde NİV tedavisi uygulanan her hasta grubunda hastane başvurularının azaldığı tespit edilmiştir. Tedaviye uyum iyi olarak belirtilmiş, tedaviyi düzensiz kullananlar %15 olarak raporlanmıştır (2). Lloyd-Owen ve ark.nın 2001-2002 yılları arasında 16 Avrupa ülkesinden toplam 21.526 kişi ile yaptıkları anket çalışması "Eurovent"te Avrupa'da evde NİV kullanımının değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Tahmin edilen evde mekanik ventilasyon kullanımı 6.6/100.000 kişi olarak belirtilmiştir. Primer akciğer hastalığı olanlarda kullanım daha düşük bulunurken, nöromusküler hastalığı ve göğüs duvarı restriksiyonu olan hastalarda daha fazla kullanım raporlanmıştır (3).

Kronik SY hastalarında özellikle kronik hiperkapnik solunum yetmezliğinde taburculuk sonrası evde NİV uygulamasının devam ettirilmesi büyük önem taşır; mortaliteye kadar

olan süreyi ve atak nedeni ile Acil Servis başvuru sayısını azaltır. Ancak hangi hastaya evde maske ile NİV ile solunum desteğinin yapılacağı, hangi hastaya trakeostomi yardımı ile invaziv mekanik ventilasyon uygulanacağı konusunda görüş birliği yoktur. Bu noktada hasta, hasta yakınları ve doktorun birlikte karar vermesi en doğrusudur. Hem KOAH'lı hem de nöromusküler hasta gruplarında NİV aralıklı uygulama, konuşma, yemek yiyebilme, günlük yaşama katılma gibi imkânları doğururken; sekresyonlarını atamayan, yutma refleksi etkilenmiş, 24 saat pozitif basınç desteği gerektiren hastalarda kullanımı önerilmez; bu hastalarda trakeostomiden invaziv mekanik ventilasyon uygulaması daha güvenlidir (4,5).

## I. Evde Uzun Süreli NİV Tedavi Endikasyonları

Evde uzun süreli NİV tedavisinin sıklıkla önerildiği hastalar kronik hiperkapni ile seyreden Tip II solunum yetmezliği hastalarıdır. Bu hasta gruplarının, solunum fonksiyon testi paternleri, altta yatan hastalık ilerleme ve kötüleşme hızları **Tablo 1**'de özetlenmiştir (6). Özellikle hızlı progresyon (kötüleşme) ile seyreden nöromusküler hastalıklarda (amyotrofik lateral skleroz gibi), NİV tedavisi mümkün olan en erken dönemde başlanmalı; ilerleyen dönemde bulbar fonksiyon kaybı gelişmesini takiben trakeostomi açılarak invaziv mekanik ventilasyona geçilmelidir. Diğer progresyon göstermeyen hastalıklarda uzun yıllar evde NİV tedavisini uygulamak mümkündür (6).

<b>Tablo 1.</b> Evde uzun süreli noninvaziv ventilasyon tedavisinden fayda görebilecek hasta grupları (6).	
<b>Hasta grupları</b>	<b>Hastalık progresyon durumu</b>
<b>Pariyetal bozukluklar</b> <b>Göğüs duvarı patolojileri</b> Kifoskolyoz Tüberküloz sekeli Obezite hipoverilasyon sendromu	Kötüleşmez Yavaş kötüleşme Obezitenin derecesine bağlı kötüleşme
<b>Nöromusküler hastalıklar</b> Spinal musküler atrofi Asit-maltaz eksikliği Duchenne musküler distrofi Miyotonik miyopati Amyotrofik lateral skleroz	Kötüleşmez Yavaş kötüleşme (> 15 yıl) Orta dereceli kötüleşme (5-15 yıl) Orta dereceli kötüleşme (5-15 yıl) Hızlı kötüleşme (0-3 yıl)
<b>Akciğer hastalıkları</b> KOAH Bronşektazi, kistik fibrozis	Süregelen kötüleşme Süregelen kötüleşme
<b>Solunum kontrol anormallikleri</b> Ondine's Curse Cheyne-Stokes solunumu	Düzelme? Kalp yetmezliğine bağlı
<b>Üst hava yolu anormallikleri</b> Obstrüktif uyku apnesi	Kötüleşmez



KOAH'da evde uygulanan NİV tedavisi ile solunum kas yükü azaltılabilmekte, santral sinir sisteminin hiperkapni nedeniyle baskılanmış kemosensitivitesi yeniden sağlanabilmekte, alveolar hipoventilasyon ortadan kaldırılabilir (6). Tidal volümün NİV tedavisi ile artırılması sonucu solunum frekansı genellikle azalmakta, takipne ortadan kalkmakta, intrensek PEEP, akciğer hiperinflasyonu ve solunum iş yükü azaltılabilmektedir. Uzun dönem evde NİV uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalarda hiperkapni ve hipoksemide düzelme, solunum fonksiyonları ve solunum mekaniklerinde düzelme, pulmoner rehabilitasyondan artmış yarar, uyku kalitesi dolayısıyla sağlık ilişkili yaşam kalitesinde artma, hastane başvurularında, YBÜ yatışlarında, entübasyonda ve maliyette azalma gibi yararlı etkiler ortaya konmuştur (7-18). Günümüzde uzun dönem NİV tedavisinin yaşam süresini artırdığına, mortaliteyi azalttığına yönelik yeterli kanıt mevcut değildir (7-18).

Restriktif akciğer hastalıklarında, akciğer ve göğüs duvarı kompliyansında azalma olması, vital kapasitenin düşmesi, hızlı yüzeyel solunum paterni gelişmesi, solunum iş yükünün artması, kronik mikroatektaziler, tekrarlayan pnömoniler, nokturnal desatürasyon, özellikle REM uykusuna eşlik eden obstrüktif ve/veya santral uyku apneleri nedeniyle solunum yetmezliği gelişir. Bu hastalarda, hastalığın progresyon hızına, solunum fonksiyon testlerine göre invaziv veya noninvaziv mekanik ventilasyon uygulama gerekliliği doğar. Vital kapasite 70-80 mL/kg normal kabul edilirken, 40 mL/kg'a düştüğünde öksürük zayıflar; bu aşamada solunum fizyoterapisi ile destek gereklidir. Tidal volüm 30 mL/kg'a düştüğünde atelektazi ve şantlar gelişir, hipoksemi ortaya çıkabilir. Bu atelektazilerin açılmasında NİV tedavisinden yarar sağlanabilir. Tidalvolüm 20 mL/kg'a düştüğünde hipoventilasyon oluşur, hipoksemi ve hiperkapni tablosu ortaya çıkar. Bu hastalarda NİV ile tedaviye başlanır. Başarısız olması durumunda hasta elektif entübe edilerek invaziv mekanik ventilasyona geçilir. Tidal volüm 10 mL/kg ise bu hastalarda invaziv mekanik ventilasyon uygulaması gereklidir (18).

Nöromusküler hastalarda NİV başlama endikasyonları ise şöyledir (18);

- a. Solunum yetmezliği gelişimini engellemek/geciktirmek için,
- b. Göğüs duvarı/akciğer gelişimini düzenlemek için,
- c. Akciğer enfeksiyonları sırasında,
- d. Perioperatif dönemde/gastrik tüp yerleşiminde,
- e. Gebelikte,
- f. Solunum kaslarını dinlendirmek için,
- g. Semptomatik olan veya olmayan nokturnal hipoventilasyonu kontrol edebilmek için,
- h. Gelişmiş hiperkapnik solunum yetmezliğinin tedavisi için,
- i. Semptom palyasyonu/yaşam sonu bakımında destek için.

Kifoskolyozda nöromusküler hastalıklardan farklı olarak solunum dürtüsü normaldir. Ancak mekanik kısıtlılıklar bu dürtünün normal inspiyum ve ekspiyum ile sonlanmasına engel olur. Ventilasyon-perfüzyon (V/Q) dengesizliği yoktur.

Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmada evde uzun süreli NİV kullanım endikasyonları %75 oranında KOAH, %10 oranında OHS, %10 oranında overlap sendromu ve %5 oranında restriktif akciğer hastalıkları olarak belirlenmiştir (15).

Evde NİV uygulaması gerektiren **Tablo 1**'de belirtilen hasta gruplarında NİV tedavisine başlama zamanı ve endikasyonunu belirlemede en önemli faktör alveoler hipoventilasyonun klinik bulgularının ortaya çıkmasıdır (**Tablo 2**) (6). Tipik progresif hastalıkların seyrinde hastalar iki basamaktan geçerler. Nokturnal hipoventilasyon basamağında hastaların uyanıklık dönemlerinde herhangi bir klinik belirti yoktur; noktürnal ve gündüz hipoventilasyon basamağında ise düşük respiratuvar rezerv ile birlikte gece ve gündüz klinik hipoventilasyon belirtileri söz konusudur. Bu ikinci basamakta hastalarda yaşamı tehdit eden akut ventilatuvar yetmezlik gelişimi riski artmıştır (19,20). Nokturnal hipoventilasyonun gösterilebilmesi için endtidal CO<sub>2</sub>'i veya transkütanöz CO<sub>2</sub>'i ve/veya pulse oksimetre ile oksijen satürasyonunu tüm gece boyunca kaydeden uyku çalışmasına ihtiyaç vardır. Gündüz hipoventilasyonu anormal artmış PaCO<sub>2</sub> basıncı, yüksek serum HCO<sub>3</sub>-düzeyi, relatif olarak normal pH ile birlikte PaO<sub>2</sub>'nin düşmesi ile karakterizedir. Kronik gündüz hipoventilasyonu uyku ilişkili hipoventilasyonun önemli bir göstergesidir. Dolayısıyla diurnal hipoventilasyon varlığında tüm gece uyku kaydının tek sebebi obstrüktif veya santral apne ekartasyonunun yapılmasıdır.

Tip II solunum yetmezliğine neden olan hastalığın ağırlığının ve prognozunun belirlenmesinde ve NİV endikasyonunun koyulmasında klinik hipoventilasyon semptomlarının değerlendirilmesi büyük önem taşır (**Tablo 2**). Solunum fonksiyon testleri ventilatuvar-respiratuvar hastalığın tanımlanmasında ve ağırlığının belirlenmesinde önemlidir ama nöromusküler hastalıklar dışında kronik uyku ilişkili hipoventilasyonda düşük prediktif değere sahiptir. Duchenne musküler distrofide REM uykusu sırasında, tüm gece uyku sırasında ve gün içinde supin inspiratuvar vital kapasitenin sırasıyla < %40, <%25 ve < %12 olması durumunda hipoventilasyon ortaya çıkar (19). Benzer olarak pik öksürük akımı < 160 L/dakika olması ekspiratuvar kas güçsüzlüğü ile ilişki-

**Tablo 2** Alveoler hipoventilasyon klinik bulguları (6).

- Paralizi olmadığı halde günlük yaşam sırasında nefes darlığının yaşanması
- Bozulmuş diyafragma fonksiyonu ile birlikte ortopne olması
- Kötü uyku kalitesi, uykusuzluk, kâbuslar, sık uyanma
- Gece veya sabah başağrısı
- Gün içinde yorgunluk, halsizlik, enerjinin olmaması, uyku hali
- Entellektüel performansta azalma
- Kilo kaybı ve iştahta azalma
- Tekrarlayan komplikasyonların ortaya çıkması: solunum yolu enfeksiyonları
- Kor pulmonale klinik bulgularının olması

**Tablo 3.** Uzun dönem evde NİV tedavisi kısmi kontrendikasyonları (6).

- Beklenen yaşam süresini akciğer hastalığından daha fazla kısaltacak komorbiditelerin varlığı (son dönem kanser hastası)
- İsteksiz, motive olmayan hasta
- Oksijen tedavisine veya medikal tedaviye uyumsuz hasta
- Hastanın tedavi uygulama şeklini anlamasını engelleyecek kognitif fonksiyon bozukluğunun olması
- Yetersiz finansal kaynak
- Yetersiz bakım hizmetleri
- Maskeyi tolere edemeyen klostrifobik hasta

lidir; sekresyonların daha fazla birikmesi ve hipoventilasyonun kötüleşmesi risklerini artırır (21).

Tip II SY olan, alveoler hipoventilasyon bulguları olan ve NİV kullanımı için kontrendikasyonu (**Tablo 3**) bulunmayan hastalara ülkemizde Sosyal Güvenlik Kurulu Sağlık Uygulama Tebliğinde belirtilen kriterler doğrultusunda evde NİV tedavisi için gerekli cihaz ve maskeler rapor ve reçete edilebilmektedir (22). Ülkemizde uygulanan kriterler American College of Chest Physicians konsensus raporu, Medicare kriterleri ve diğer rehberler ile benzerlik taşımaktadır (23-28).

## 1. Kronik Solunum Yetmezliğinde NİV Cihazları Verilme İlkeleri

1. Kronik stabil yada yavaş ilerleyen solunum yetmezliği (gündüz yada gece karbondioksit retansiyonuna bağlı semptom varlığı, noktürnal hipoventilasyon) varlığında hastanın ilaç ve oksijen tedavisi alırken stabil dönemde solunum yetmezliğinin önlenemiyor olması NİV cihazı verilme endikasyonu olarak kabul edilir.

2. Kronik solunum yetmezliğinde BiPAP-S ve BiPAP-S/T cihazı bedelleri kurumca karşılanacak olup verilmesine yönelik sağlık kurul raporu, göğüs hastalıkları, nöroloji, anestezi ve reanimasyon ile yoğun bakım sorumlu uzman tabiplerinden birinin yer aldığı sağlık kurulularınca düzenlenecektir.

3. Sağlık Kurulu raporunda hastanın kullanacağı NİV cihazının türü ve birlikte kullanılacak aksesuarlar (maske, nemlendirici ve ısıtıcı nemlendirici gibi) yer alacaktır.

### a. BiPAP- S cihazı:

(1) Restriktif akciğer hastalıklarında;

- a.  $\text{PaCO}_2 \geq 45$  mmHg veya
- b. En az 2 L/dakika akım hızında nazal  $\text{O}_2$  desteği altında  $\text{O}_2$  satürasyonunun beş dakika süreyle kesintisiz  $\leq \%88$  veya
- c. İlerleyici nöromusküler hastalıklar için maksimal inspiratuvar basınç (MİP)  $\leq 60$  cm- $\text{H}_2\text{O}$  veya FVC  $\leq \%50$ , olarak saptanması.

(2) Obstrüktif akciğer hastalıkları: Uygun bronkodilatör ve O<sub>2</sub> tedavisine rağmen;

- a. PaCO<sub>2</sub> ≥ 55 mmHg veya
- b. PaCO<sub>2</sub> 50 ve 54 mmHg arasında ise en az 2 L/dakika akım hızında nazal O<sub>2</sub> desteği altında noktürnal O<sub>2</sub> satürasyonunun beş dakika süreyle kesintisiz ≤ %88 veya
- c. PaCO<sub>2</sub> 50 ve 54 mmHg arasında olup, bir yılda ikiden fazla hiperkapnik atak nedeniyle hastaneye yatırılan, KOAH olan hastalarda.

**b. BiPAP S/T Cihazı:** BiPAP- S cihazı için tanımlanmış kriterlere ek olarak inspirasyon basınç yüksekliği (iPAP ≥ 20 cmH<sub>2</sub>O) veya yoğun bakımda izlendiği dönemlerde apne saptanan hastalar.

Kronik solunum yetmezliği (SY) hastalarında en sık tercih edilen cihazlar ve ventilasyon modları BiPAP-S ve BiPAP-ST'dir. Bu cihazların dışında bulunan CPAP ve oto-CPAP cihazları sıklıkla uyku ilişkili hastalıklarda tercih edilmektedir. Kronik solunum yetmezliğinde obezite-hipoventilasyon sendromu haricinde kullanımları yoktur. Obezite hipoventilasyon sendromunda da ilk seçenek BiPAP-S özellikle de BiPAP-ST cihazlar olmakla birlikte, CPAP tedavisi ile aylık bir süreden itibaren PaCO<sub>2</sub> düzeylerinin düşmeye başladığı, semptomların gerilediği bildirilmiştir. Bu cihazların yanı sıra yakın zamanda kullanıma giren BiPAP S/T AVAPS cihazı da mevcuttur. Bu cihazın BiPAP-S/T'ye üstünlüğü, hedef tidal volüm ayarlanması ve bu hedef tidal volümü sağlayacak şekilde inspiriyum basınçlarının ayarlanan aralıkta değişkenlik gösterebilmesidir. Bu cihaz özellikle gündüz ve gece derin uyku sırasında ihtiyaç duyulan basınçların farklı olabileceği obezite hipoventilasyon sendromunda, nöromusküler hastalıklarda, göğüs duvarı deformitelerinde sabit tidalvolüm sağlaması nedeniyle avantajlıdır. Ancak aşağıda belirtildiği üzere bu cihazın rapor ve reçete edilebilmesi için günümüzde polisomnografi eşliğinde BiPAP S/T titrasyonu yapılması ve yeterli tidal volümün sağlanamadığının gösterilmesi gereklidir.

**c. BiPAP S/T AVAPS cihazı:**

1. Polisomnografi eşliğinde yapılan BiPAP S/T titrasyonunda yeterli tidal volüm sağlanamadığı veya uykuda solunum bozukluklarının ortadan kaldırılamadığı hastalarda, nöromusküler ve göğüs duvarı bozukluklarına bağlı uyku ile ilişkili hipoventilasyon-hipoksemi olan restriktif akciğer hastalığı olan hastalarda (ALS, obezite-hipoventilasyon sendromu, kifoskolyoz vb.)

2. Bunun dışında polisomnografi tetkiki ile Cheyne-Stokes solunum saptanan, periyodik solunum paterni gösteren hastalarda ve ejeksiyonfraksiyonu < %40 olan konjestif kalp yetmezliği hastalarında adaptif basınç destekli servoventilasyon cihazı tercih edilebilmektedir.

**d. Adaptif Basınç Destekli Servoventilasyon (ASV) Cihazı:** İlk gece polisomnografi tetkiki sırasında santral apne veya Cheyne-Stokes solunumunun görüldüğü

hastalarda titrasyon gecesinde CPAP, BiPAP S/T tedavileriyle, uyku ile ilişkili solunum bozukluğu olaylarının engellenememesi veya hastanın tedaviye uyumunun ve sürekli kullanımının sağlanamaması veya ilk gece polisomnografi tetkiki sırasında, ön planda santral apne veya Cheyne-Stokes solunumunun görüldüğü hastalarda veya eejksiyon-fraksiyonu %40'dan düşük olan konjestif kalp yetmezliği hastalarında basınç titrasyonunda CPAP, BiPAP S/T tedavileri uygulanmaksızın, bu durumun düzenlenecek sağlık kurulu raporunda belirtilmesi koşuluyla ASV cihazı bedelleri kurumca karşılanır.

## 2. Evde NİV Tedavisi İle Survival;

Evde NİV tedavisinin beklenen yaşam süresini artırıp artırmadığı ile ilgili birkaç randomize kontrollü çalışma vardır (7-10); genellikle bu konudaki bilgiler retrospektif verilerin hastalığın doğal prognozu ile karşılaştırılması ile elde edilir (11-14). Bu verilerin sonuçlarına göre, nöromusküler hastalıklarda evde uzun dönem NİV kullanımı ile beklenen yaşam süresi artar. Yaşam süresindeki yaklaşık medyan artış, hastanın NİV tedavisine başladığı andaki yaşına ve eşlik eden komorbiditelerine bağlıdır. Poliomyelit sekeline survivalda artış > 29 yıl, spinal musküler atrofi tip 2 ve 3'te, Duchenne Musküler Distrofi ve Asit Maltaz eksikliğinde yaklaşık 10 yıl, miyotonic distrofide dört yıl, amyotrofik lateral skleroz da bir yıl olarak beklenir. Evde NİV tedavisi kifozlu hastalarda beklenen yaşam süresini 15 yıl, tüberküloz sekeli olan hastalarda yaklaşık yedi yıl uzatır. Ama akciğer hastalıklarında survivalı uzattığına dair yeterli veri yoktur. KOAH'lı hastalarda randomize çalışmalar ile negatif sonuç elde edilmiştir; kistik fibrosis ve bronşektazi için de çok az veri vardır. Ama KOAH çalışmalarındaki negatif sonuçların çok düşük driving pressure nedeniyle yetersiz ventilasyon ile ilgili olabileceği de unutulmamalıdır.

## 3. Evde NİV Tedavisinin Ayarlarının Yapılması

Kronik solunum yetmezliğinde evde NİV tedavisi başlanmadan önce hastaların servislerde veya yoğun bakım ünitelerinde yatırılarak uygun ayarların yapılması gerekir. Titrasyon için de evde kullanılacak cihaza benzer olacak şekilde portable BiPAP cihazları tercih edilir. Tekli devre kullanılır, sıklıkla oronazal maske tercih edilir; ülkemizden yapılan yakın tarihli bir çalışmada %90 oranında oronazal maske kullanımı bildirilmiştir; bunu %10 oranında nazal maske kullanımı izlemiştir (15). Burun kökündeki yara nedeniyle oronazal maskeyi tolere edemeyen hastalarda gözü de içine alan total yüz maskeleri de kullanılabilir. Akut durumda tercih edilmemesine rağmen kronik dönemde, evde NİV uygulamalarında hasta uyum sağlayabiliyor ve NİV sırasında ağızını kapalı tutabiliyorsa nazal maske veya nazal yastıkcık da tercih edilebilir. Maske üzerinde ekspiriyum çıkışı olabilir ya da plato tipi, whisper/swiveladaptör veya aktif ekshalasyon valvi şeklinde devreye ekspiriyum çıkışı eklenebilir. Kronik solunum yetmezliği hastalarında sıklıkla hipoksi de eşlik ettiği için bu hastalara NİV uygulanırken maskeye veya devreye oksijen bağlantı sistemleri ile oksijen konsantratöründen oksijen desteği sağlanmalıdır. Verilen oksijenin yıkanıp, dışarı atılmasını engellemek için mümkün olduğunca ekshalasyon çıkışı ile oksijen girişinin birbirine yakın olmaması önerilir. Uygun

NİV kurulumu sağlandıktan sonra hastada arter kan gazı ve klinik takibi ile basınç titrasyonuyapılır. Basınçlar ampirik olarak titre edilebilir ama sıklıkla kötü hasta/ventilator uyumu ve bozulmuş uyku kalitesi ile sonuçlanır. Fizyolojik titrasyon sıklıkla daha başarıldır; solunum mekaniklerinin kaydedilmesi; inspiratuvar eforun  $\geq$  %50 ve intrinsek PEEP'in oluşturduğu yükün %80 azaltılmasının hedeflenmesi şeklinde gerçekleştirilir.

Kronik SY'i olanlarda basınç hedefli ve volüm hedefli modlar ile gece uygulanan NİV tedavisi eşit derecede etkin bulunmuştur. Basınç hedefli NİV daha iyi tolere edilirken, volüm hedefli NİV gece boyunca daha stabil tidal volüm sağlama avantajına sahiptir. Ülkemizde yapılan çalışmada en çok tercih edilen modlar %40 oranında BiPAP-S; %30 oranında BiPAP-ST olarak belirlenmiştir (15).

Kronik obstrüktif akciğer hastalığında evde NİV uygulamasında genellikle önerilen BiPAP-S veya ST modlarıdır. İspiratuvar pozitif hava yolu basıncı (İPAP); hasta 6-8 mL/kg tidal volüm alacak şekilde ayarlanmalı, ekspiratuvar pozitif basınç (EPAP), CO<sub>2</sub> yeniden solumasını engelleyecek şekilde 4-5 cmH<sub>2</sub>O olarak ayarlanmalıdır. Genellikle önerilen kısa rise time (0.1 saniye gibi) ayarlanmalıdır. Spontan-time modu ile NİV yapılıyorsa yukarıdaki ayarlara ek olarak frekans 12-16/dakika olacak şekilde, Ti: 0.8-1.0 saniye olacak şekilde ayarlanmalıdır. Böylelikle inspiyum akımının hızlı yapılıp ekspiryuma daha uzun zaman bırakılması mümkün olacaktır. Eğer uygulanan cihaz ekspiratuvar tetik hassasiyetinin ayarlanmasına izin veriyorsa; KOAH'lı hiperkapnik hastalarda bu parametre %40-50 olarak ayarlanmalıdır. Ekspiratuvar tetik hassasiyetine izin vermemek pek çok cihazda bu değęer otomatik olarak %25 olarak ayarlanmıştır.

KOAH'lı hastalarda evde NİV uygulamalarında tartışılan konular arasında yüksek inspiratuvar basınçlarda, yüksek intensitede NİV uygulamasıdır. Bu yaklaşım; yüksek inspiratuvar basınçlar (30 cmH<sub>2</sub>O) ve solunum sayısı (20/dakika) ile maksimum PaCO<sub>2</sub> düşüşü sağlamaya yönelik uygulanan NİV olarak tanımlanır. Dreher ve ark.nın çalışmasında yüksek intensitede NİV ile düşük basınçlarla karakterize geleneksel yaklaşıma göre spontan diurnal gaz değişiminde daha fazla düzelme sağladığı bulunmuştur (16). Fizyolojik bir diğer çalışmada da yüksek intensitede NİV ile düşük intensitede NİV'e göre PaCO<sub>2</sub>'de ve solunum iş yükünde daha anlamlı düzelme olduğu gösterilmiştir (17). Ancak yüksek basınçlarda NİV uygulaması, intratorasik basınçtaki artışla birlikte kardiyak outputta ve stroke volümde anlamlı düşüşe neden olabileceği ve bu durumun özellikle altta yatan kardiyak hastalığı olanlarda önemli sorunlara yol açabileceği endişeleri nedeniyle rutin klinik kullanımda yer bulamamıştır.

Restriktif akciğer hastalıklarında evde uzun dönem NİV tedavisi verilirken öncelikle tercih edilecek mod BiPAP-ST modudur. Oto-BiPAP, Adaptive Servo Ventilation ve AVAPS-ST modları da diğer tercih edilebilecek modlardır. Önerilen İPAP: 20-25 cmH<sub>2</sub>O, Ti: 0.8-1.0 saniye, Te: 2 saniye, EPAP: 4-5 cmH<sub>2</sub>O (bazı nöromusküler hastalıklarda üst solunum yollarında da kas güçsüzlüğü olması durumunda obstrüktif apnelere eşlik edebilmektedir, bu hastalarda daha yüksek EPAP ihtiyacı olabilir).

Obezite hipoventilasyon sendromunda öncelikle BiPAP tercih edilmelidir. Basınç destekli modlar, eğer santral/obstrüktif apneler engellenemiyorsa basınç kontrollü modlar kullanılmalıdır (S veya ST). Nokturnal hipoventilasyon, santral apneler durumunda ise AVAPS ya da oto-BiPAP tercih edilmeli, sabit tidal volüm sağlanmaya çalışılmalıdır. OHS'lu hastaların önemli bir kısmına ağır OSAS eşlik ettiği için ilk planda CPAP tedavisi başlanabilir. Ancak hiperkapni ve hipoksideki düzelme CPAP tedavisinin günlük kaç saat uygulandığı ile orantılıdır ve maksimum düzelmeye tedavi başlangıcından bir ay sonra ulaşılır.

#### 4. Evde Uzun Süreli NİV Tedavisinin Reçete Edilmesi ve İzlemi

Evde uzun süreli NİV tedavisi reçete edilirken öncelikle hastanın evde NİV uygulamasını kabul etmesi gerekir; bunun yanında hasta ile yaşayan, hastaya yardımcı olacak yakınlarının varlığı da sorgulanmalıdır. Reçete ve rapor düzenlenirken tanı ve endikasyonlar dokümanite edilmeli; ventilatör özellikleri (mod, tidal volüm, inspiyum ve ekspiyum basınçları, solunum sayısı, oksijen ihtiyacı, klinik olarak endike ise alarmlar) açık olarak hekim tarafından belirtilmelidir. Kronik solunum yetmezliğinde NİV düzenli kullanımı önerilmelidir. Günde kaç saat uygulanması, her uygulamada ne kadar süre ile devam edilmesi gerektiği ile ilgili görüş birliği yoktur. Her hasta bireysel olarak değerlendirilmeli ve NİV programı oluşturulmalıdır. Nokturnal hipoventilasyonu olan hastalarda gece uyku sırasında NİV kullanımı yeterli olabilirken, kronik solunum yetmezliği olan pekçok hastada diurnal ve nokturnal hipoventilasyon birlikte bulunduğu için hem gündüz hem gece NİV kullanımı gerekmektedir (23).

#### Sonuç

Evde uzun süreli NİV tedavisi başlanan her hasta için mutlaka izleme programı oluşturulmalıdır. İlk kontrol taburculuktan bir-iki ay sonra yapılırken sonraki kontroller iki-üç ay aralıklarla yapılabilir. Her kontrole hastanın cihazı ile gelmesi sağlanmalı, hastanın cihaz uyumu cihaz üzerindeki çalışma ve tedavi sürelerine bakılarak, cihaz kartı incelenerek değerlendirilmelidir. Yine her değerlendirmede hastanın cihaza uyumu ve sorunlar (maske sorunları, uyku düzeni, semptomlar ve atak durumu) sorgulanmalıdır (23).

#### KAYNAKLAR

1. Lloyd-Owen SJ, Donaldson GC, et al. Patterns of home mechanical ventilation use in Europe: results from the Eurovent survey. *Eur Respir J* 2005;25(6):1025-103.
2. Janssens JP, Derivaz S, Breitenstein E, et al. Changing patterns in long-term noninvasive ventilation: a 7-year prospective study in the Geneva Lake area. *Chest* 2003;123(1):67-79.
3. Lloyd-Owen SJ, Donaldson GC, Ambrosino N, et al. Patterns of home mechanical ventilation use in Europe: Results from the Eurovent survey. *Eur Respir J* 2005;25(6):1025-31.
4. American Thoracic Society: International Consensus conferences in intensive care medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit. Care Med* 2001;163:283-91.

5. Make BJ, Hill NS, Goldberg AI, et al. Mechanical ventilation beyond the intensive care unit. Report of a consensus conference of the American College of Chest Physicians. *Chest* 1998; 113:289S-344S.
6. Robert D, Argaud L. Clinical Review: Long term noninvasive ventilation. *Critical Care* 2007; 12: 210.
7. Pinto AC, Evangelista T, Carvalho M, et al. Respiratory assistance with a non-invasive ventilator (Bi-PAP) in MND/ALS patients: survival rates in a controlled trial. *J Neurol Sci.* 1995;129(Suppl):19-26.
8. Clini E, Sturani C, Rossi A, et al. Rehabilitation and Chronic Care Study Group, Italian Association of Hospital Pulmonologists (AIPO): The Italian multicentre study on noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Eur Respir J* 2002;20:529-538.
9. Casanova C, Celli BR, Tost L, et al. Long-term controlled trial of nocturnal nasal positive pressure ventilation in patients with severe COPD. *Chest* 2000;118:1582-90.
10. Bourke SC, Tomlinson M, Williams TL, et al. Effects of non-invasive ventilation on survival and quality of life in patients with amyotrophic lateral sclerosis: a randomised controlled trial. *Lancet Neurol.* 2006;5:140-7.
11. Simonds AK, Elliott MW. Outcome of domiciliary nasal intermittent positive pressure ventilation in restrictive and obstructive disorders. *Thorax* 1995;50:604-9.
12. Aboussouan LS, Khan SU, Meeker DP, et al. Effect of noninvasive positive-pressure ventilation on survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Ann Intern Med* 1997;127:450-3.
13. Gonzalez C, Ferris G, Diaz J, et al. Kyphoscoliotic ventilatory insufficiency: effects of long-term intermittent positive-pressure ventilation. *Chest* 2003;124:857-62.
14. Farrero E, Prats E, Povedano M, et al. Survival in amyotrophic lateral sclerosis with home mechanical ventilation: the impact of systematic respiratory assessment and bulbar involvement. *Chest* 2005;127: 2132-8.
15. Uğurlu AÖ, Takir HB, Ergan B, et al. Approach of pulmonologists in Turkey to noninvasive mechanical ventilation use at home for chronic respiratory failure. *Tuberk Toraks* 2016;64(1):1-8
16. Dreher M. High intensity versus low intensity non-invasive ventilation in patients with stable hypercapnic COPD: A randomised cross over trial. *Thorax* 2010; 65 (4):303-8.
17. Lulacovits J, Carlucci A, Hill N, et al. Physiologic changes during low and high intensity noninvasive ventilation. *Eur Respir J* 2012; 39 (4): 869-75.
18. Simonds AK. Recent advances in respiratory care for neuromuscular disease. *Chest* 2006; 130 (6): 1879-86.
19. Ragette R, Mellies U, Schwake C, et al. Patterns and predictors of sleep disordered breathing in primary myopathies. *Thorax* 2002;57:724-8.
20. LoCoco D, Marchese S, Corrao S, et al. Development of chronic hypoventilation in amyotrophic-lateralsclerosis patients. *Respir Med* 2006; 100: 1028-36.
21. Bach JR. Update and perspective on noninvasive respiratory muscle aids. Part 2: The expiratory aids. *Chest* 1994;105: 1538-44.
22. Sosyal Güvenlik Kurumu Sağlık Uygulama Tebliği. 25 Mart 2010 Resmi Gazete, sayı: mükerrer 27532.
23. American College of Chest Physicians. Clinical indications for noninvasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD, and nocturnal hypoventilation. A consensus conference report. *Chest* 1999;116:521-34.



24. Windisch W, Brambring J, Budweiser S, et al. Non-invasive and invasive mechanical ventilation for treatment of chronic respiratory failure. S2-Guidelines published by the German Medical Association of Pneumology and Ventilatory Support. *Pneumologie* 2010;64:207-40.
25. McKim DA, Road J, Avendano M, et al. Home mechanical ventilation: a Canadian Thoracic Society clinical practice guideline. *Can Respir J* 2011; 18:197-215.
26. Ozsancak A, D'Ambrosio C, Hill NS. Nocturnal noninvasive ventilation. *Chest* 2008;133:1275-86.
27. King AC. Long-term home mechanical ventilation in the United States. *Respir Care* 2012; 57:921-30;930-2.
28. Hannan LM, Dominelli GS, Chen YW, et al. Systematic review of non-invasive positive pressure ventilation for chronic respiratory failure. *Respir Med* 2013;108:229-43.



# Noninvaziv Mekanik Ventilasyon ve Fizyoterapi Uygulamaları

Sinem Ayyıldız Çınar

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara*

## GİRİŞ

İmmobilizasyon ve kas güçsüzlüğü mekanik ventilasyon desteği alan akut solunum yetmezliği hastalarında yaygın görülmektedir ve uzun süreli hastane yatışıyla ilişkilidir (1,2). Kas güçsüzlüğünün etkisi yıllarca devam edebilir (3). Bu hastalarda erken mobilizasyonun ve fizyoterapinin güvenilirliği ve önemi kanıtlanmıştır ve yoğun bakımda kalış süresini azalttığı, ventilatörden ayrı kalınan süreyi uzattığı, periferik ve solunum kas kuvvetini, fiziksel fonksiyonu iyileştirdiği gösterilmiştir (4,5).

Schweickert ve ark.nın yaptığı bir çalışmada, bütün vücudu kapsayan bir rehabilitasyon programıyla erken dönemde başlanan fizik tedavi programının, standart bakımla karşılaştırıldığında, taburculukta daha iyi fonksiyonel durum, deliryum süresinde azalma ve ventilatörden ayrı günlerin daha fazla olmasıyla ilişkili olduğu bulunmuştur (6). Ancak ventilatör bağımlı hastalarda egzersizle artan iş yükü hastaların çabuk yorulmasına, dispneye sebep olabilmektedir. KOAH hastalarında egzersiz dispnesi, artmış solunum iş yükü, göğüsün mekanik kısıtlılığı, atmış solunum kapasitesi ihtiyacı, gaz değişim anormallikleri, dinamik hava yolu kompresyonu, kardiyovasküler faktörler ve bu semptomların kombinasyonlarını içerir. Periferik kas güçsüzlüğü egzersiz kapasitesini etkileyen bir diğer durumdur (7).

Son yıllarda egzersiz kapasitesini artırmak için NIV uygulamasına ilgi artmıştır (7). KOAH'da dispne intrinsik mekanik yüklenme ve solunum kas disfonksiyonuna bağlı olduğu için, ventilatör desteği egzersiz sırasında semptomlarda iyileşme sağlayarak egzersiz şiddetinin artırılmasına yardımcı olur (8). NIV desteğinin akut ve kronik solunum yetmezliklerinde solunum iş yükünü azalttığı, gaz değişimini iyileştirdiği ve

dispneyi azalttığı kanıtlanmıştır (9,10). Solunum iş yükünün azalmasının bir sonucu olarak, NİV hastanın mobilitesini ve enduransını artırır (11,12).

KOAH'lılarda yapılan çalışmalarda NİV desteğini egzersiz toleransını artırarak egzersiz süresini uzattığı, dispneyi azalttığı ve enduransı artırdığı ve egzersiz yoğunluğunun artırılmasına yardımcı olduğu gösterilmiştir (13-17). Egzersiz eğitiminin etkileri egzersiz programının şiddetiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Akut ve kronik solunum yetmezliği olan hastalarda ise solunum iş yükü nedeniyle egzersiz şiddeti fazla artırılamamaktadır. Bu nedenle, bu hastalarda NİV eşliğinde yapılan egzersizlerde egzersiz dispnesi azalmakta ve egzersiz şiddetinin artırılmasına imkan sağlamaktadır (18).

Egzersiz sırasında hem solunum kaslarına hem de ekstremitelerdeki kaslarda kan akışı artmaktadır. Solunum kaslarının yükü NİV desteğiyle azaltıldığı zaman, kan akışı ekstremitelere doğru yön değiştireceği için egzersiz toleransını artıracaktır (8). Ayrıca, ventilatör desteği egzersiz ilişkili diyafram yorgunluğunu da azaltacaktır (19).

NİV ve egzersiz eğitiminin etkileri diğer hastalık gruplarında da incelenmiştir. Örneğin; kalp yetersizliği olan hastalarda yapılan çalışmalar da NİV ile desteklenen egzersiz programlarının hastaların egzersiz toleransına faydası olabileceğini göstermiştir (20,21). Holland ve ark.nın kistik fibrozis hastalarıyla yaptığı bir çalışmada ise akut alevlenme dönemindeki hastaların inspiratuvar kas fonksiyonu, oksijen saturasyonu ve küçük hava yollarında düzelmeler izlenmiştir ve dispnede azalma görülmüştür (22). Ayrıca, Borel ve ark.nın kronik restriktif solunum yetmezliği olan hastalarla yaptığı çalışmada ise NİV eşliğinde yapılan egzersizden egzersiz süresinin, hastanın egzersize toleransının ve alveolar ventilasyonun belirgin şekilde artırdığı gösterilmiştir (23). Akciğer rezeksiyonu sonrasında NİV ile birlikte uygulanan göğüs fizyoterapisinin etkilerini araştıran bir çalışmada ise, postoperatif komplikasyonları engellemede ve hastanın iyileşmesini desteklemede erken dönem göğüs fizyoterapisinin NİV ile birlikte uygulanmasının güvenilir ve etkili olduğu gösterilmiştir (24). Akut solunum hastalarıyla yapılan bir diğer çalışmada, NİV egzersiz toleransını iyileştirdiği gösterilmiştir (25).

NİV'nun solunum yollarında etkisi gözardı edilmemelidir. Mukosilyer aktivite, normal solunum döngüsü ve öksürme, sekresyonların birincil mekanizmasıdır. Bu mekanizmanın yeterli olmadığı hastalarda ise hava yolu temizleme teknikleriyle hastaların sekresyon atmalarına yardımcı olunabilir.

Bazı hava yolu temizleme teknikleri hastanın dirence karşı nefes alıp vermesini gerektirdiği için bu hastalarda uygulanması uygun değildir. Eğer mümkünse bu teknikler ventilatöre bir devre ile bağlanarak uygulanabilir. Postüral drenaj ve manuel teknikler ise ventilatör eşliğinde kolayca uygulanabilir, ayrıca osilatör cihazlar da, yine ventilatörle birlikte kullanılarak sekresyon atımı sağlanabilir. Bu teknikler özellikle tedaviye uyum sağlayamayan hastalar için uygundur. Aktif solunum teknikleri döngüsü ise hastanın belirli bir solunum kas kuvveti olmasını gerektirdiği için, solunum kasları zayıf

olan hastalarda uygulanamayabilir (26). Ventilatörden ayrılabilen hastalarda cough assist kullanılarak hastaların sekresyon atmalarına yardımcı olunabilir (27).

NİV desteği egzersiz sırasında uygulanabildiği gibi geceleri de uygulanabilmektedir. Uyku sırasında ventilasyon desteği alıp, gündüz egzersiz programı uygulayan hastalarda da egzersiz kapasitesinde belirgin iyileşmeler görülmüştür (7).

## Sonuç

NİV desteği ile hastaların egzersiz toleransını arttırmak mümkündür. Bunun yanında bu hastaların sekresyon atılımını desteklemek önemlidir ve ventilatörden ayrılamayan hastalar için de uygulanabilir hava yolu temizleme yöntemleri mevcuttur. Bu hastaların tedavi programına fizik tedavi ve rehabilitasyonun eklenmesi önemlidir.

### KAYNAKLAR

1. Herridge MS, Cheung AM, Tansey CM, et al. One year outcomes in survivors of the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2003;348:683-693.
2. DeJonghe B, Sharshar T, Lefaucheur JP, et al. Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study. *JAMA* 2002;288:2859-2867.
3. Herridge MS, Chu LM, Matte A, et al. The recover program: disability risk groups and one year outcome after 7 days of mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2016;194:831-844.
4. Harting J, Rutten GM, Rutten ST, Kremers SP. A qualitative application of the diffusion of innovations theory to examine determinants of guideline adherence among physiotherapists. *Phys Ther* 2009; 89: 221-232.
5. Kayambu G, Boots R, Paratz J. Physical therapy for the critically ill in the ICU: A systemic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 2003; 1543-1554.
6. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet* 2009; 373:1874-1882.
7. Ambrosino N, Carpenè N, Gherardi M. NIV and pulmonary rehabilitation. *Eur Respir Mon* 2008;41: 265-271.
8. Ambrosino N, Stambì S. New strategies to improve exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 2004;24:313-322.
9. Brochard L, Isabey D, Piquet J, et al. Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 1990;323:1523-1530.
10. Windisch W, Kostic S, Dreher M, et al. Outcome of patients with stable COPD receiving controlled noninvasive positive pressure ventilation aimed at a maximal reduction of PaCO<sub>2</sub>. *Chest* 2005;128: 257-262.
11. Elliot MW, Aquilina R, Green M, et al. A comparison of different modes of noninvasive ventilatory support: effects on ventilation and inspiratory muscle effort. *Anaesthesia* 1994; 49: 279-283.
12. Priniakanis G, Delmastro M, Carlucci A, et al. Effect of varying the pressurization rate during non-invasive pressure support ventilation. *Eur Respir J* 2004; 23:314-320.

13. Dreher M, Storre JH, Windisch W. Noninvasive ventilation during walking in patients with severe COPD: a randomised cross-over trial. *European Respiratory Journal* 2007; 29(5):930-936.
14. Dolmage TE, Goldstein RS. Proportional assist ventilation and exercise tolerance in subjects with COPD. *Chest* 1997;111(4): 334-345.
15. Hawkins P, Johnson LC, Nikolettou D, et al. Proportional assist ventilation as an aid to exercise training in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2002; 57(10): 853-859.
16. Toledo A, Borghi-Silva A, Sampaio LM, et al. The impact of noninvasive ventilation during the physical training in patients with moderate-to-severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Clinics (Sao Paulo)* 2007; 62(2): 113-120.
17. Van't Hul A, Gosselink R, Hollander P et al. Acute effects of inspiratory pressure support during exercise in patients with COPD. *Er Respir J* 2004; 23(1): 34-40.
18. Kaymaz D, Ergün P. Pulmoner rehabilitayonda noninvaziv mekanik ventilasyon. *Güncel Göğüs Hastalıkları* 2013; 2(2):165-167.
19. Babcock Ma, Pegelow DF, Harms CA, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue. *J Appl Physiol* 2002; 93: 201-206.
20. Maldaner da Silva VZ, Lima A, Graziella BC et al. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2013; 33: 378-384.
21. Bündchen DC, Gonzales AI, De Noronha M, et al. Noninvasive ventilation and exercise tolerance in heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Braz Phys Ther* 2014; 18(5): 385-394.
22. Holland AE, Denehy L, Ntoumenopoulos G, et al. Non-invasive ventilation assist chest physiotherapy in adults with acute exacerbation of chystic fibrosis. *Thorax* 2003; 58: 880-884.
23. Borel JC, Wuyam B, Chouri-Pontaroollo N, et al. During exercises non-invasive in chronic restrictive respiratory failure.
24. Fretnet A, Falcoz P-E. Does non-invasive ventilation associated with chest physiotherapy improve outcome after lung resection? *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 2008; 7: 1152-1154.
25. Dyer F, Flude L, Bazari F, et al. Non-invasive ventilation (NIV) as an aid to rehabilitation in acute respiratory disease. *BMC Medicine* 2011; 11:58.
26. Chatwin M: IN: *ERS practical hand book*, European Respiratory Society; 2015: 86-92.
27. Chatwin M. How to use a mechanical insufflator-exsufflator "cough assist machine". *Breath* 2008; 4: 320-329.