

Ventilatörler, Maske Sistemleri ve Modlar

Dr. Pınar Zeyneloğlu

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Noninvazif ventilasyon (NİV), endotrakeal havayolu gerektirmeyen teknikler kullanılarak akciğerlere mekanik ventilasyon uygulanmasıdır. Uzun süredir kronik respiratuvar hastalıklarda kullanılmakla beraber günümüzde artan endikasyonlar ile akut respiratuvar yetmezliğin tedavisinde de uygulanmaktadır. Bu amaçla yoğun bakım veya taşınabilir ventilatörler kullanılmaktadır. Ventilatör tipi hastanın ihtiyacına göre belirlenmelidir. Klinik pratikte, sürekli pozitif havayolu basıncı (CPAP) ve aralıklı pozitif basınç ventilasyonu sağlayan modlar yanında volüm kontrollü ve orantılı asiste ventilasyon (PAV) gibi yeni ventilasyon modları da noninvazif ventilasyonda gündeme gelmiştir. Hasta ve ventilatör arasındaki interfaz çok önemlidir. NİV'da en sık kullanılan interfazlar arasında oronazal, tam yüz maskeleri ve Helmet gelmektedir. Bu derlemede NİV için gerekli malzemeler olan ventilatörler, maske sistemleri ve modlardan bahsedilecektir.

Anahtar kelimeler: noninvazif ventilasyon, ventilatörler, interfazlar, ventilasyon modları

SUMMARY

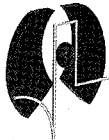
Noninvasive ventilation (NIV) is the delivery of mechanical ventilation to the lungs using techniques that do not require an endotracheal airway. Although NIV has a long tradition for the treatment of chronic respiratory failure, more recently it has also been applied for acute respiratory failure. Both critical care and portable ventilators are used for this purpose. The ventilator type should depend on patient's requirements. In clinical practice, main modalities of noninvasive ventilation are continuous positive airway pressure (CPAP) and intermittent positive pressure ventilation. Other ventilation modes such as controlled volume or proportional assist ventilation (PAV) have also been used. The interface between the patient and ventilator is crucial. The most common interfaces used for NIV are facial masks including full-face, total facial masks and Helmet. This review deals with the equipment needs for NIV: the ventilators, interfaces and modes.

Key words: noninvasive ventilation, ventilators, interfaces, ventilation modes

Noninvazif ventilasyon (NİV), endotrakeal havayolu gerektirmeyen teknikler kullanılarak akciğerlere mekanik ventilasyon uygulanmasıdır. Yirminci yüzyılın ilk yarısında anestezi pratiği dışında mekanik ventilasyon desteği asıl olarak negatif basınç tipindeki NİV ile sağlanmakta idi. Ancak, 1960'lı yıllara gelindiğinde daha iyi havayolu korunması sağladığı için negatif basınçlı ventilasyonun yerini invazif (endotrakeal tüp ile) pozitif basınçlı ventilasyon almıştır. Son dekadda, ventilatuvar destek potansiyelinin invazif ventilasyona göre daha kolay, konforlu, güvenilir ve ucuz olan nazal ventilasyondaki gelişmeler nedeniyle NİV kullanımı tekrar gündeme gelmiştir. Günümüzde, çok yönlü uygulamalar sayesinde noninvazif pozitif basınçlı ventilasyon (noninvasive positive-pressure ventilation=NPPV) yoğun bakımda ve dışında respiratuvar ve nöromusküler hastalıklar, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA), diyafram güçsüzlüğü ve kalp yetmezliğinde kullanılmaktadır (1). Bu bölümde, NİV uygulamak için gerekli ventilatörler, tipleri ve özellikleri, NPPV sırasında kullanılan maske (veya interfaz) sistemleri ve modlardan bahsedilecektir.

Ventilatörler

Noninvazif ventilasyon genellikle, ev tipi sürekli pozitif havayolu basıncı (continuous positive airway pressure=CPAP) sistemlerinden türetilmiş körüklü, pozitif basınçlı 'iki seviyeli' (bilevel) taşınabilir ventilatörler veya invazif mekanik ventilasyon sağlamak için geliştirilmiş 'yoğun bakım' ventilatörleri ile uygulanır (2)(Şekil 1). NİV'da tüm ventilatörler kullanılabilir. Bir ventilatör tipinin diğerinden daha iyi NİV başarı oranı olduğunu gösteren bir çalışma yoktur. Ancak, kullanılan ventilatör modu, hastaya uygun interfaz seçimi ve belirli ayarlar hasta konforu ve solunum işini azaltmada önemlidir. Tablo 1'de yoğun bakım ve taşınabilir ventilatörlerin özellikleri karşılaştırılmaktadır. Yoğun bakım ventilatörlerinin en önemli avantajları arasında istenen basınç ve FiO₂'yi sağlayabilmeleri, detaylı monitörizasyon ve alarm sistemlerinin bulunması gelirken, taşınabilir ventilatörler daha ucuz, küçük, hava kaçağı kompanzasyonu daha iyi ve hastaların ekzalasyona geçişi kolaydır. Yoğun bakım ventilatörleri NİV için sık kullanılmaktadır. Ancak hasta-ventilatör interfazından olan kaçaklar ventilatör

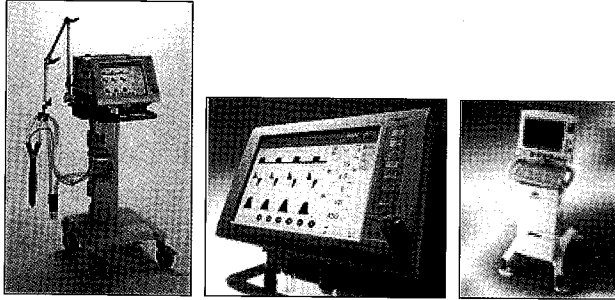


fonksiyonlarını etkileyebilmektedir. Yeni jenerasyon yoğun bakım ventilatörlerinde (EvitaXL-Drager, Servo-i gibi) ise özel olarak geliştirilmiş NİV modlarının seçilmesi bu problemi kısmen veya tamamen düzeltmektedir (3).

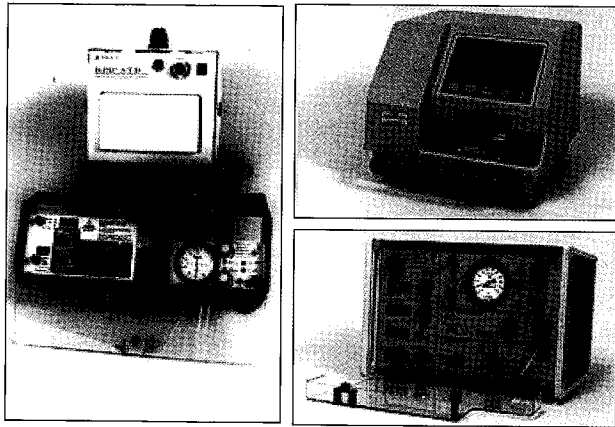
Tablo 1. Yoğun bakım ve taşınabilir ventilatörlerin özellikleri

	Yoğun bakım ventilatörü	Taşınabilir ventilatör
İnspirasyon basıncı	++	++
Kaçak toleransı	+	++
Değişik modlar	++	+
Tekrar soluma	-	+
Alarmlar	++	+
Monitörizasyon	++	+
Batarya	-	-
Oksijen karıştırıcı	++	-
Kompakt yapı	+	++

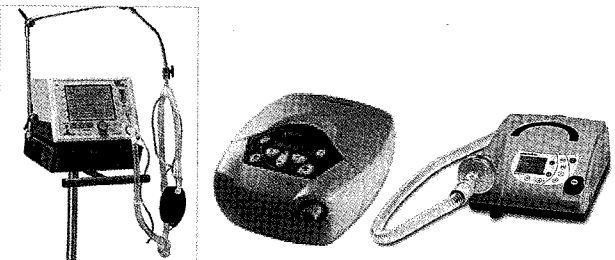
Şekil 1. Yoğun bakım ve taşınabilir ventilatör örnekleri



Yoğun bakım ventilatörleri olan Drager Evita XL (solda ve ortada) ve Siemens Servo-i (sağda)



Solda prototip bir taşınabilir ventilatör olan BiPAP respironics, sağ üstte diğer bir bilevel ventilatör olan Knightstar 335 (Mallinkrodt) ve sağ altta bir volüm limitli taşınabilir ventilatör olan PLV-102 respironics



Solda (BiPAP-Vision) hastanede kullanılabilen taşınabilir ventilatör, ortada (VPAP III) ve sağda (Bilevel ST 22) ev tipi taşınabilir ventilatörler

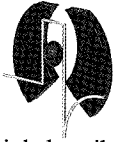
Hastalar tarafından basınç destekli ventilasyonun asiste-kontrollü modlara göre daha iyi tolere edildiği ve bazı çalışmalarda basınç desteği ile karşılaştırıldığında orantılı asiste ventilasyonun (proportional assist ventilation=PAV) hasta eforu yerine geçen inspiratuvar akıma hedeflendiği için daha konforlu olduğu düşünülmektedir (4, 5). Taşınabilir ventilatörlerden biri olan BiPAP-vision'ın basınç destekli ventilasyon sağlayan CPAP, spontan (S), spontan-zamanlı (spontaneous-timed=S/T) modları yanında PAV modu da mevcuttur. Alarm seçenekleri yanında entegra ekranı sayesinde solunum siklusları grafik olarak görünmekte ve solunum sayısı, ekzalasyondaki dakika ventilasyonu, inspiratuvar basınçlar ve kaçak miktarları hesaplanmaktadır. Bu özellikleri ile BiPAP-vision yoğun bakım dışında servislerde de güvenilir şekilde kullanılabilen hastane tipi taşınabilir ventilatörler arasındadır.

NİV için kullanılan ventilatörlerde aranan diğer nitelikler arasında hava kaçakları için kompanzasyon yeteneği sayesinde yeterli tidal volümlerin sağlanabilmesi gelmektedir (6). NİV iletilen gazın nemini azalttığı için hasta konforunu artırmada nemlendirme faydalı olacaktır (7). Aktif nemlendiricilerin (heated passover humidifiers) uygulanan basınçlara minimal etkisi olduğu, oysa ısı ve nem değiştiricilerin (heat and moisture exchangers) kullanılmaması gerektiği çünkü NİV'in solunum işini azaltma yeteneğini engelleyebilecekleri belirtilmektedir (8).

Noninvazif pozitif basınçlı ventilasyon için kullanılan ventilatörler basınç veya volüm limitli olabilir.

1. Basınç-limitli ventilatörler:

Basınç limitli modlar yoğun bakım ünitelerindeki entübe hastalarda kullanılmak üzere geliştirilmiş çoğu ventilatörde mevcuttur. Bu tip yoğun bakım ventilatörleri, spontan solunum çabasını desteklemek için önceden ayarlanan inspiratuvar basıncı veren basınç destekli ventilasyon (pressure support ventilation=PSV) uygulayıcılar ve bir weaning modu olarak dikkat çekmektedirler (9). Pekçoğu ayarlanabilen inspirasyon: ekspirasyon oranları ile zaman sikluslu inspiratuvar ve ekspiratuvar basınçları uygulayan basınç kontrollü ventilasyon (pressure control ventilation=PCV) da sağlar. Diğer yandan asiste ve kontrollü solunumun birlikte olduğu asist-kontrol (asist/control=A/C) veya S/T modu da bulunabilir. Bu modların çoğu aynı zamanda bir backup hız seçimi ile hastanın tetiklemesine izin vermektedir. Bu modların isimlendirmesi imalatçı firmalara göre farklılık göstermektedir. Basınç destek modu için, bazı ventilatörlerde önceden ayarlanan ekspiratuvar basınca eklenen ve PEEP ayarlamasından etkilenmeyen inspiratuvar destek miktarı olan basınç destek seviyesinin seçimi gerekmektedir. Diğerlerinde peak inspiratuvar ve ekspiratuvar pozitif havayolu basınçlarının (inspiratory and expiratory positive airway pressures, IPAP ve EPAP) seçimi gerekirken aralarındaki fark basınç desteğinin seviyesini göstermektedir. Unutulmaması gereken, son



konfigurasyonda EPAP değişiklikleri IPAP ile paralel yapılmadığında basınç destek seviyesi değişebilmektedir.

PSV'yi diğer ventilatör modlarından ayıran, soluktan soluğa inspiratuvar zamanı değiştirerek hastanın spontan solunum paternine uyum gösterebilme özelliğidir. Hastanın başlattığı hassas tetiklenme inspiratuvar basınç desteğinin verildiğini işaret eder ve inspiratuvar akımdaki azalma ventilatörün ekspirasyona geçişine neden olur. Bu şekilde, PSV hastanın yalnızca solunum sayısını değil inspirasyon süresini de kontrol eder. Weaning yapılan invazif mekanik ventilasyon hastalarında gösterildiği gibi PSV mükemmel hasta-ventilatör senkronizasyonu, diyafram işinde azalma ve artmış hasta konforu sağlar. Ancak, özellikle KOAH olan hastalarda hasta ventilatör uyumsuzluğuna katkıda bulunabilir. Yüksek seviyede basınç desteği ve oluşan yüksek tidal volümler sonraki soluklarda yetersiz inspiratuvar efora katkıda bulunarak tetiklemede yetersizliğe neden olabilir. Yine KOAH hastalarında görülebilen kısa, hızlı inhalasyonlar PSV modunda ekspirasyona geçiş için yeterli süreye izin vermeyebilir, bu durumda hastanın ekspiratuvar eforu başladığı halde ventilatör inspiratuvar basınç uygulamaktadır. Hasta ventilatör döngüsünü başlatmak için ekspiratuvar güç uygulamalıdır ki bu da solunum sıkıntısına katkıda bulunabilmektedir. NİV sırasında hava kaçakları varlığında bu tip uyumsuzluklar artmaktadır.

Noninvazif PSV genellikle standart yoğun bakım ventilatörleri ile uygulansa da basınç limitli ventilasyon sağlayan taşınabilir ventilatörler de artan sıklıkta akut ve kronik durumlarda kullanılmaktadır. Bilevel ventilatörler olarak da bilinirler çünkü iki farklı pozitif basınç arasında dönmektedirler, yoğun bakım ventilatörlerine göre daha hafif ve compact olup düşük maliyete yüksek taşınabilirlik sunmaktadırlar. Bazılarında spontan tetiklenen basınç destek modu yanında basınç-limitli, zaman-sikluslu ve asiste modlar da bulunmaktadır. Bazıları ise ayarlanabilen tetiklenme sensitivite, 'rise time' (peak basınca ulaşmak için geçen süre) ve inspirasyon süresi gibi hasta-ventilatör uyumu ve konforunu artıran özelliklere sahiptir. Ayrıca bu ventilatörlerin performans özellikleri yoğun bakım ventilatörleri ile benzerlik göstermektedir.

Diğer yandan, yoğun bakım ventilatörlerinden farklı olarak bilevel ventilatörlerin basınç üreten özellikleri sınırlıdır (ventilatöre bağlı olarak 20-35 cmH₂O) ve çoğunun oksijen karıştırıcıları (blender), sofistike alarmları veya yedek batarya sistemleri yoktur. O nedenle, yüksek oksijen konsantrasyonları, inflasyon basınçları veya sürekli mekanik ventilasyon bağımlı hastalarda kullanımları uygun alarm ve monitörizasyon sistemleri eklenene kadar önerilmemektedir (10). Ancak son zamanlarda, daha sofistike alarm ve monitörizasyon özellikleri, grafik gösterimi ve oksijen karıştırıcısı olan ve akut durumlarda kullanılabilen yeni versiyon bilevel ventilatörler (BiPAP-vision gibi) geliştirilmiştir.

Taşınabilir, uygun ve düşük maliyetli oluşu nedeniyle kronik respiratuvar yetmezliği olan ve yalnızca geceleri ventilasyon desteği gereken hastalarda bilevel ventilatörler (VPAP III, Bilevel ST 22 gibi) ev kullanımında ideal bulunmuştur. Ek olarak, volüm limitli ventilatörlerden farklı olarak hava kaçaklarının kompanzasyonunda inspiratuvar hava akımını koruyabilme özellikleri sayesinde kaçak sırasında gaz değişimine daha iyi destek olabilmektedirler. Bilevel ventilatörler ile ilgili en önemli kaygılar arasında limitli alarm kapasiteleri yanında pasif ekzalasyon valvleri ile tek borulu devreler kullandıkları için tekrar soluma (rebreathing) gerçekleşebilmesidir.

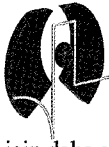
2. Volüm-limitli ventilatörler:

Çoğu yoğun bakım ventilatörlerinde basınç ve volüm limitli modların her ikisi de NİV için mevcuttur. Kronik uygulamalar için volüm-limitli ventilasyon isteniyorsa düşük maliyet ve kullanışlı olmaları nedeniyle taşınabilir volüm-limitli ventilatörler tercih edilmektedir. Bunlar standart solunum devreleri ve ekzalasyon valvleri ile gerektiğinde oksijen desteği ve nemlendirme yaparak sadece invazif ventilasyon için kullanılmaktadır. Taşınabilir basınç-limitli ventilatörler ile karşılaştırıldığında volüm-limitli taşınabilir ventilatörler daha pahalı ve ağırdır. Ancak, daha sofistike alarm sistemleri, daha yüksek pozitif basınç uygulayabilmeleri ve yedek bataryaları ile elektrik kesintisi halinde birkaç saat çalışabilmeleri söz konusudur. Bu ventilatörler spontan hasta tetiklemesine izin vermesi için genellikle A/C modunda ayarlanır ve hız hastanın spontan solunum hızının bir miktar altında tutulur. İnvazif ventilasyon ile karşılaştırıldığında en önemli fark hava kaçakını kompanse etmesi için tidal volümün daha yüksek (10-15 ml/kg) ayarlanmasıdır. Günümüzde volüm-limitli ventilatörler sürekli ventilatör destek ihtiyacı olan hastalarda veya ciddi göğüs duvarı deformitesi veya yüksek inflasyon basınçları gereken obez hastalarda kullanılmaktadır (10).

Negatif Basıncı Ventilasyon

Negatif basınçlı ventilatörler eskiye göre daha az kullanılmakla birlikte özelliklerini ve uygulamalarını bilmek faydalıdır çünkü NPPV ile başarısız olunan hastalarda kullanılabilir. Negatif basınçlı ventilatörler subatmosferik bir basıncı aralıklı olarak göğüs duvarı ve abdomene uygularken, transpulmoner basınç artar, ağızdaki atmosferik basınç akciğerleri şişirir. Cihazın içindeki basınç atmosferik seviyelere gelince ekspirasyon pasif olarak akciğer ve göğüs duvarındaki elastik recoil ile gerçekleşir (10).

Negatif basınçlı ventilasyonun etkinliği (uygulanan negatif basınç ile gerçekleşen tidal volüm) göğüs duvarı ve abdomenin kompliyansı ve negatif basınç uygulanan yüzey alanı ile belirlenir. Tank ventilatör tüm göğüs duvarı ve abdomene negatif basınç uygulamada en etkindir. Zırh (cuirass), göğsün ön duvarı ve abdomenin bir kısmına negatif basınç uyguladığı



için daha az etkindir. Wrap ventilatör, chest shell ventilatörden daha etkilidir. Hava kaçağı wrap ve shell ventilatörlerin etkinliğini azaltabilirken boynu saran çelik akciğerde (iron lung) bu sorun daha az görülür.

Tank ventilatör güvenilir ve rahattır ancak ağır ve hantal olduğu için taşınması zordur. Klostrofobik hastalarda tolerans düşüktür ve yanlarında delikleri olsa da hemşire bakımı güçleşir. Taşınabilir fiberglas bir tank ventilatörü bulursa da yaklaşık 50 kg olup taşınması için 2 kişi gerekir. Chest shell ve wrap daha hafiftir ancak güç kaynağı için gerekli negatif basınç jeneratörleri 15-30 kg ağırlığındadır. Tank ve wrap ventilatörler hastaları supin pozisyon ile kısıtlarken sırt ve omuz ağrısı görülebilir. Chest shell oturur pozisyonda kullanılabilir ancak konforlu olmayabilir ve suboptimal yerleşti ise cilt ile temas eden yerlerde bası yaraları gelişebilir. Göğüs duvarı deformitesi olan hastalarda hastaya özel zırhlar (custom-fit cuirasses) kullanılabilir fakat etkinlikleri zayıf olabilir (10).

Negatif basınçlı ventilasyonun bu tip limitasyonları hasta toleransını etkileyebilir ancak uygun ayarlamalar veya nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar ile çoğu halledilebilir. Diğer yandan, negatif basınçlı ventilatörlerin normal durumda bile obstrüktif uyku apnesini indüklemeye potansiyeli nedeniyle emniyet etkilenebilir. Sıklıkla restriktif torasik bozukluğu olan hastalarda negatif basınçlı ventilasyon sırasında obstrüktif apne ilişkili ciddi oksijen desatürasyonu görülebilir ve pozitif basınçlı ventilasyona geçmek gerekebilir. Problem hastanın başlattığı normal bir solukta üst havayollarının kollapsını önlemek için faringeal kaslarda preinspiratuvar kasılmanın olmayışıdır. Hasta tetikleme modları bulunmayan geleneksel negatif basınçlı ventilatörlerde, hastanın spontan solunumu ile senkronize olmayan ventilatörün başlattığı soluklarda üst havayollarının kollapsı gerçekleşir. Bu problem belki de NEV-100 veya Emerson NPV gibi hastanın tetiklediği yeni negatif basınçlı ventilatörlerde çözülecektir.

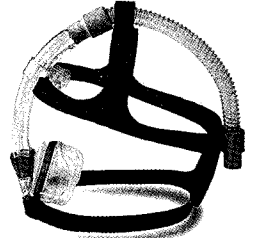
Eksternal yüksek frekanslı ventilasyon, standart negatif basınçlı ventilasyona bir alternatif oluşturmaktadır. Bir osilatöre bağlı göğüs ve abdominal zırhı olan cihaz, ventilasyon için 60/dak, sekresyonun uzaklaştırılması için 999/dak gibi yüksek hızlarda -70 ile +70 cmH₂O arasında değişen basınçlar uygulamaktadır. I:E oranı 6:1 ile 1:6 arasındadır. Normal ve KOAH olanlarda dakika volümlerini artırmaktadırlar ancak solunum yetmezliği olanlarda veriler yetersizdir (10).

İnterfaz sistemleri

Pozitif basınçlı ventilatörler ister invazif ister noninvazif olsun ventilasyonu asiste etmek için transpulmoner basıncı artırıp basınçlı gazı havayollarına ileterek akciğerleri şişirirler. Ekzalasyon akciğerin elastik yapısı ve ekspiratuvar kasların sarfettiği herhangi bir aktif güç ile gerçekleşir.

İnvazif ve NİV arasındaki temel fark, gazın ilkinde invazif bir konduit, diğerinde ise bir maske veya interfaz ile uygulanmasıdır.

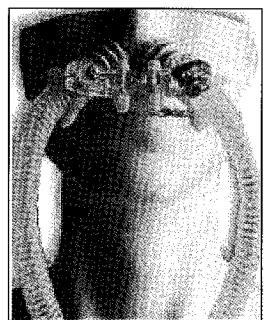
İnterfazlar, ventilatör devreleri ile yüzü birleştirerek NPPV sırasında basınçlı gazın üst havayoluna girişini sağlayan cihazlardır. Günümüzde kullanılan interfazlar arasında nazal maske ve yastık, oronazal maskeler, tam yüz maskesi, mouthpieces ve Helmet gelmektedir.



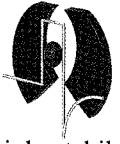
Şekil 2

Nazal maskeler: Özellikle kronik uygulamalarda sıklıkla CPAP veya NPPV sırasında kullanılırlar. Standart bir nazal maske üçgen veya koni şeklinde şeffaf plastik yapıda ve yumuşak içi hava dolu bir kaf ile burnun üzerinden cilde oturmaktadır (Şekil 2). Pek çok firmanın farklı boyut ve şekillerde (pediatrik, erişkin, küçük-orta-büyük gibi) nazal maskesi mevcuttur. Standart nazal maskeler yeterli yapışma sağlamak için burun sırtına basınç uygulayarak sıklıkla cildin irritasyonu, kızarıklığı ve bazen ülserasyonuna neden olurlar. Bu komplikasyonu azaltmak için farklı modifikasyonlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında alın mesafesi (forehead spacer) veya ince plastik bir flep kullanımı sayesinde burna daha az bası olmakta, jel yüzeyin (gel seal) kullanımı ile hasta konforu artmaktadır. Mini-maskelerin kullanımı da maske boyutunu küçültürken klostrofobi hissini azaltmakta, hastaların ventilatörde iken gözlük kullanmalarına olanak vermektedir. Maske toleransında güçlük olan hastalara yüz kontürlerine özel maskeler de yapılabilmektedir.

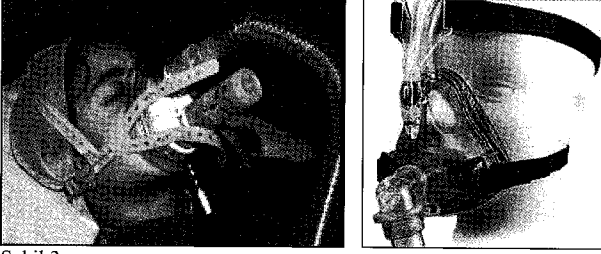
Maskeyi yerinde tutan kayışlar (strap) da hasta konforu için önemlidir ve değişik tipleri mevcuttur. İnterfaza özel iki veya beş noktadan bağlananları geliştirilmiştir. Velcro tipi (yapışkanlı) olanlar popülerdir ve elastik başlık ile beraber kaymadan kullanılabilirler.



Şekil 2

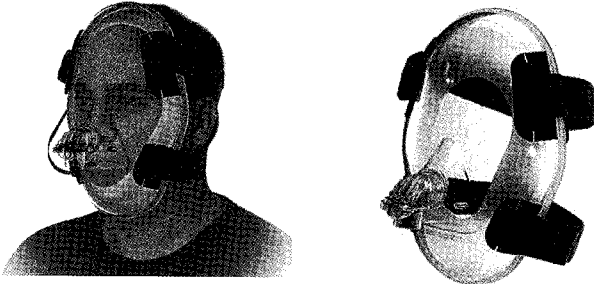


Nazal yastıklar (pillows/seals): Yumuşak plastik veya silikon yapıda burun deliklerine yerleştirilen alternatif nazal interfazlardır (Şekil 2). Standart maske kullanımında burun sırtında kızarıklık veya ülserasyon gelişen hastalarda faydalıdır çünkü burun sırtına hiçbir basınç uygulamazlar. Klostrifobisi olan hastalarda da tercih edilirler.



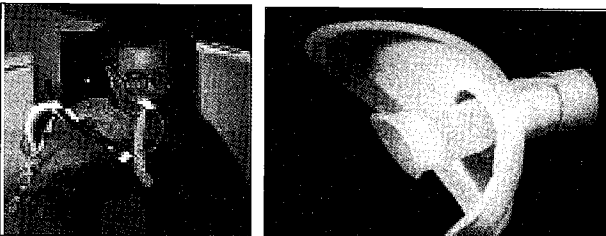
Şekil 3

Oronazal maskeler (full face masks): Oronazal veya yüz maskeleri burun ve ağız kaplarlar (Şekil 3). Esas olarak akut respiratuvar yetmezliği olan hastalarda kullanılmakla beraber kronik uygulama da mümkündür. Akut respiratuvar yetmezlik için NPPV kullanımını değerlendiren çalışmaların yaklaşık yarısında oronazal maskeler kullanılmaktadır. Kronik kullanımda hastalar burun ve ağızın birlikte kapalı olmasına itiraz ederler ve ventilatör malfonksiyonu veya güç kesintisi durumunda maskeyi çıkaramayan hastalarda asfiksi problemi olabilir. Ayrıca, konuşma, yemek yeme ve ekspirasyona engel olması, klostrifobik reaksiyon ihtimali ve teorik olarak aspirasyon ve tekrar soluma riski oronazal maskelerde nazal maskelerden daha fazladır. Diğer yandan, nazal maske ventilasyonu sırasında fazla hava kaçağı olan hastalarda da oronazal maskeler tercih edilebilir. Bu tip maskelerdeki gelişmeler (daha rahat oturması, kolay açılabilen kayışlar ve anti-asfiksi valvleri ile ventilatuvar yetmezlikte tekrar solumanın önlenmesi) sayesinde kronik uygulamaları da artmaktadır.



Şekil 4

Tam yüz maskesi (total face mask): Hokey kalecisinin maskesine benzetilmiş, şeffaf plastik yapıda, çene ve alını içine alarak yüzün etrafını saran, yumuşak kafa sayesinde yüzde direkt bası oluşturmayan bir interfaz (Şekil 4).



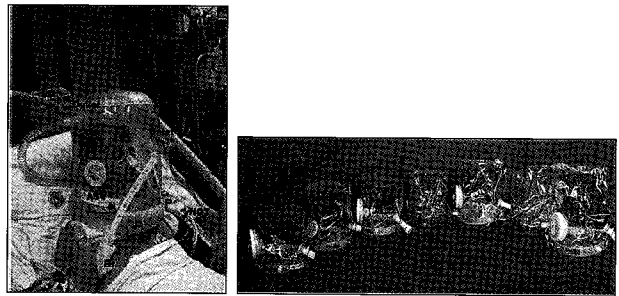
Şekil 5

KOAH veya restriktif akciğer hastalığı nedeniyle stabil hiperkapnisi olan hastalarda nazal ve oronazal maskelerin değerlendirildiği bir çalışmada nazal maskenin, nazal yastık veya oronazal maskeye göre daha iyi tolere edildiği ancak PaCO₂'yi azaltmada hava kaçağının fazla olması nedeniyle daha az efektif olduğu belirtilmektedir (11). Bu nedenle, kronik respiratuvar yetmezlikte nazal maskeler daha iyi tolere edilirken, akut durumlarda oronazal maskeler nazal maskelere tercih edilir çünkü dispneik hastaların ağız solunumu nedeniyle nazal maske ventilasyonu sırasında daha fazla hava kaçağı yaptığı ve efektifitelerinin azaldığı düşünülmektedir (12). Yüz ve nazal maskeler arasındaki farklar tablo 2'de özetlenmektedir. Ancak, maskelerdeki çeşitliliğe rağmen seçimleri konusunda bir konsensus yoktur. Noninvazif ventilasyona başlarken hastaya uygun optimal interfaz bulunmalıdır.

Tablo 2. Yüz ve nazal maskenin avantaj (+) ve dezavantajları (-)

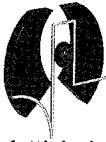
Klinik Tablo	Yüz maskesi	Nazal maske
Ağızdan kaçak ve ağızdan soluma	+	-
Diş yapısından etkilenme	+	-
Havayolu basıncı	+	-
Ölü boşluk	-	+
İletişim	-	+
Yeme-içme	-	+
Ekspirasyon	-	+
Aspirasyon riski	-	+
Aerofaji riski	-	+
Klostrifobi	-	+
Konfor	-	+

Mouthpieces: Kronik respiratuvar yetmezliği olan hastalarda günlük 24 saate kadar NPPV uygulamak için 1960'lı yıllardan bu yana kullanılmaktadırlar (Şekil 5). Basit ve ucuz olma avantajları mevcut. Kişiyi özel olanlar konfor ve etkinliği artırabilir. Nöromusküler hastalığı olan ve vital kapasitesi çok düşük veya olmayan hastalarda başarılı olmuşlardır. Nazal hava kaçağı etkinliği azaltabilir ancak ventilatörün tidal volümü artırılarak veya burun delikleri kapatılarak bu sorun çözülebilir. Mouthpiece kullanımı sayesinde tetraplejik hastalarda trakeostomiler NPPV'ye çevrilebilir (10).



Şekil 6

Helmet (miğfer): Hastanın kafasını içine alan transparan, plastik bir başlık (hood) (Şekil 6). Başlangıçta hiperbarik oksijen tedavisi sırasında istenen oksijen fraksiyonunu uygulamak, daha sonra NPPV için geliştirilmiş olan bir interfaz (13). Yüz maskesinden farklı olarak hastanın yüzü ile teması olmayan ve hiçbir cilt lezyonuna neden olmadan, hipoksemik ve kardiyojenik pulmoner ödemde gaz



değişimini benzer şekilde iyileştirerek ve hasta konforunu artırarak daha uzun süreli NPPV uygulamasına olanak sağlamaktadır (14). Ayrıca, anatomisi zor hastalarda ve yüz travmalarında da kullanılabilir. Diğer yandan yüz maskesine göre geniş iç hacmi (8-12 L ölü boşluk) nedeniyle tekrar karbondioksit solunması ve yüksek kompliyansı olduğu için aynı havayolu basıncını oluşturmak için daha yüksek inspiratuvar volümlere gerek duyması söz konusudur. KAOH akut atakta helmet ve yüz maskesi karşılaştırıldığında 1 saat NPPV sonunda arteriyel karbondioksit seviyelerinin benzer şekilde düştüğü ancak helmet grubundaki düşüşün daha az, farkın NPPV'de başarısız olunanlarda daha yüksek olduğu belirtilmiştir (15). Sonuç olarak, helmetin sürekli akım veren bilevel ventilatörler ile kullanımında etkinliği azalmıştır. Ventilasyon sağlanması için inspiratuvar ve ekspiratuvar yolları olan yoğun bakım ventilatörlerinde uygulanmalıdır. İspiratuvar kas eforunu azaltmak için daha yüksek PEEP ve basınç desteği ayarlanmalıdır. Helmet ile CPAP uygulanacaksa, sürekli yüksek akımlı bir sistem kullanılmalıdır (16).

Modlar

CPAP(continuous positive airway pressure): CPAP, inspirasyonu aktif olarak asiste etmediği için gerçek ventilatör modu olmamakla birlikte akut respiratuvar yetmezliğin bazı formlarında kullanılmaktadır. CPAP, inspirasyon ve ekspirasyonda sabit bir basınç uygulayarak fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırır, kapalı veya az ventile olan alveollerini açarak sağdan sola intrapulmoner şantları azaltır ve oksijenasyonu iyileştirir. Fonksiyonel rezidüel kapasitenin artışı aynı zamanda akciğer kompliyansını da düzelterek solunum işini azaltabilmektedir (10). Ek olarak, sol ventrikül transmural basıncını düşüren CPAP, afterloadu azaltıp kalp debisini artırarak akut pulmoner ödem tedavisinde önemli bir uygulama olmuştur. CPAP ayrıca intrinsek pozitif end-ekspiratuvar basınç (intrinsic positive end-expiratory pressure=PEEPi) ile karşılaşan inspiratuvar eşik yükünü dengeleyerek KOAH olanlarda solunum işini azaltabilmektedir. Bazı çalışmalarda KOAH akut atak ile gelen hastalarda tek başına CPAP kullanıldığında vital bulgular ve gaz değişiminde iyileşme gözlemlendiği belirtilmektedir (17, 18).

Akut respiratuvar distressi olan hastalarda CPAP uygulamak için genellikle 5-15 cmH₂O arasında basınçlar kullanılmaktadır. Bu basınçlar komprese gaz kaynağına bağlı bir CPAP valvi, obstrüktif uyku apnesi için evde kullanılmak üzere küçük taşınabilir üniteler ve yoğun bakımda kullanılmak üzere geliştirilmiş ventilatörler (yoğun bakım ventilatörleri) gibi farklı cihazlar ile uygulanabilir. Seçilen yoğun bakım ventilatörüne bağlı olarak CPAP için 'demand', 'flow-by' veya 'continuous flow' teknikleri kullanılabilir. Hastanın spontan solunumunun olması gerekir çünkü apne durumunda ventilasyonu destekleyemez. Uygun cihazın seçimi için asıl değerlendirilmesi gerekenler yüksek akım hızlarında soluyan akut solunum yetmezliğindeki

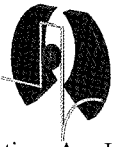
hastalarda bile sürekli pozitif basıncın idame ettirilmesi için yeterli hava akım hızının varlığı, alarm ihtiyacı, konfor ve taşınabilirliktir. Yüksek akım hızları gereken akut durumlar haricinde evdeki uygulamalarda basit, küçük, ucuz taşınabilir ventilatörler yeterlidir.

PSV(pressure support ventilation): Bu teknik daha komplekstir ve gerçek bir ventilasyon modudur çünkü her zaman bir ventilatör gereklidir. Bu teknikte hastanın inspiratuvar eforu ventilatörü tetikleyerek önceden istenen basıncı sağlamak için deselere akım sağlar (basınç desteği). Ventilatörün desteği hastanın inspiratuvar akımı belirli bir miktar düştüğünde kesilir (Örn. peak akımın %30'una). Bu nedenle her respiratuvar siklusta oluşan volüm farklıdır ve hastanın inspiratuvar becerisine ve basınca bağlıdır. Bu mod bilevel veya BiPAP olarak da isimlendirilir çünkü inspirasyonda basınç desteği (IPAP) ve ekspirasyonda pozitif basınç (EPAP) şeklinde iki seviyede basınç uygulanır. Noninvazif PSV'ye genellikle 8-12 cmH₂O inspiratuvar, 3-5 cmH₂O ekspiratuvar basınçlar ile başlanır (19).

Taşınabilir ventilatörlerden BiPAP-vision'da bulunan S/T modunda ise ventilatör PEEP ile birlikte basınç desteği verir. Hastanın spontan inspiratuvar eforu ventilatörü tetikleyerek IPAP uygulatır, ekspirasyon sırasında EPAP oluşur. Hastanın solunum sayısı önceden ayarlanandan düşükse ventilatör IPAP kadar basınç destekli soluk oluşturur. Soluk, ventilatörden tetiklenmiş, basınç limitli ve zaman siklusudur. Gerçek basınç destek miktarı IPAP ve EPAP arasındaki farktır.

Volüm limitli ventilasyon: Ventilatör her solukta belirli bir tidal volümü uygular, inflasyon basınçları değişebilir. Akut solunum yetmezliğinde basınç destekli ventilasyonla karşılaştırıldığında daha az kullanılır. Volüm hedefli modlar, basınç hedeflilere göre daha fazla gastrik distansiyona neden olurlar. Volüm hedefli destek, respiratuvar impedansı değişken hastalarda belirli tidal volümü uygulamak için tercih edilebilir (12).

PAV(proportional assist ventilation): Noninvazif ventilasyonun başarısında hasta konforu ve tedavi kompliyansı çok önemli olduğu için hastadan istenen solunum paternini yakından yansıtan yeni modlar ilgi çekmektedir. Bu yeni ventilatör modlarından biri olan PAV basınç veya volümden farklı olarak hasta eforunu hedeflemektedir. Hastanın anlık inspiratuvar akımını ve pnömotakograf ile integralini (volüm) takip ederek hastanın ventilatuvar eforuna hızla senkronize parsiyel destek sağlar. Akım ve volüm sinyallerine göre ayarlamalar yaparak asiste edilecek solunum işi oranını seçer. Patofizyolojik açıdan KOAH olanlarda gelişen akut solunum yetmezliğinde PAV kullanımının inspiratuvar kas gücü ile orantılı şekilde dirençli yükü azalttığı belirtilmiştir (20). PSV ve PAV'ın solunum frekansı, dispne, kan gazları ve entübasyon sıklığı bakımından etkileri benzerdir ancak PAV, hasta konforu ve toleransı bakımından avantajlıdır.



KAYNAKLAR

1. Barreiro TJ, Gemmel DJ (2007) Noninvasive Ventilation. *Crit Care Clin* 23: 201-222
2. Garpestad E, Brennan J, Hill NS (2007) Noninvasive Ventilation for Critical Care. *Chest* 132: 711-720
3. Vignaux L, Tassaux D, Jolliet P (2007) Performance of noninvasive ventilation modes on ICU ventilators during pressure support: a bench model study. *Intensive Care Med* 33: 1444-1451
4. Gay PC, Hess DR, Hill NS (2001) Noninvasive proportional assist ventilation for acute respiratory insufficiency: comparison with pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 164: 1606-1611
5. Wysocki M, Richard JC, Meshaka P (2002) Noninvasive proportional assist ventilation compared with noninvasive pressure support ventilation in hypercapnic acute respiratory failure. *Crit Care Med* 30: 323-329
6. Mehta S, McCool FD, Hill NS (2001) Leak compensation in positive pressure ventilators: a lung model study. *Eur Respir J* 17: 259-267
7. Holland AE, Denehy L, Buchan CA, Wilson JW (2007) Efficacy of a heated passover humidifier during noninvasive ventilation: a bench study. *Respir Care* 52: 38-44
8. Lellouche F, Maggiore SM, Deye N, et al (2002) Effect of the humidification device on the work of breathing during noninvasive ventilation. *Intensive Care Med* 28: 1582-1589
9. Brochard L, Rauss A, Benito S (1994) Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 150: 896-903
10. Mehta S, Hill NS (2001) Noninvasive Ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 163: 540-577
11. Navalesi P, Fanfulla F, Frigeiro P, Gregoretti C, Nava S (2000) Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Chest* 28: 1785-1790
12. Schonhofer B, Sortor-Leger S (2002) Equipment needs for noninvasive mechanical ventilation. *Eur Respir J* 20: 1029-1036
13. Chiumello D, Pelosi P, Carlesso E, et al (2003) Noninvasive positive pressure ventilation delivered by helmet vs. standard face mask. *Intensive Care Med* 29: 1671-1679
14. Chiumello D (2006) Is the helmet different than the face mask in delivering noninvasive ventilation? *Chest* 129: 1402-1403
15. Antonelli M, Conti G, Pelosi P, et al (2004) Noninvasive positive pressure ventilation using a helmet in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Anesthesiology* 100: 16-24
16. Kacmarek RM (2007) Noninvasive positive-pressure ventilation in postoperative hypoxemic respiratory failure—with a helmet? *Respir Care* 52: 1451-1453
17. Goldberg P, Reissmann H, Maltais F, Ranieri M, Gottfried SB (1995) Efficacy of noninvasive CPAP in COPD with acute respiratory failure. *Eur Respir J* 8: 1894-1900
18. Miro AM, Shivaram U, Hertig I (1993) Continuous positive airway pressure in COPD patients in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 103: 266-268
19. Masip J (2007) Non-invasive ventilation. *Heart Fail Rev* 12: 119-124
20. Ranieri VM, Grasso S, Mascia L, et al (1997) Effects of proportional assist ventilation on inspiratory muscle effort in patients with chronic obstructive pulmonary disease and acute respiratory failure. *Anesthesiology* 86: 79-91