



Noninvaziv Mekanik Ventilasyon

Turgay ÇELİKEL*

* Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları ve Yoğun Bakım Anabilim Dalı, İSTANBUL

Bu makalede solunum yetmezliği tedavisinde önemli ölçüde kullanılmaya başlanan noninvaziv mekanik ventilasyon endikasyonları, uygulama şekilleri ve komplikasyonları tartışılmıştır.

Noninvasive Mechanical Ventilation

Key Words: Noninvasive mechanical ventilation, Respiratory failure.

Anahtar Kelimeler: Noninvaziv mekanik ventilasyon, Solunum yetmezliği.

Noninvaziv mekanik ventilasyon (NIMV), akciğerlere endotrakeal entübasyon uygulanmadan mekanik ventilasyon (MV) uygulanması anlamına gelir. Yirminci yüzyılın ilk yarısında, anesteziyoloji odaları dışında tek MV desteği uygulama olanağı, negatif basınçlı NIMV idi. 1960'lı yıllara gelindiğinde, daha iyi hava yolu koruması sağladığı için, invaziv (endotrakeal tüp ile) pozitif basınçlı ventilasyon, negatif basınçlı ventilasyonun önüne geçti. Son 10 yılda ise büyük ölçüde nazal ventilasyonun gelişmesi ile NIMV'nin yeniden canlanması görüldü. Özellikle kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) akut alevlenmelerinde kullanım alanı bulan NIMV, göğüs hastalıkları çevrelerinde büyük ilgi uyandırmaktadır. Leeds çevresinde yapılan bir araştırmada, 250.000 nüfusa hizmet

eden bir bölge hastanesinde 1 yılda 70 KOA'ya bağlı solunum yetmezliği için NIMV gerekeceği ortaya çıkmıştır.

Vücut Ventilatörleri

En eski noninvaziv ventilatörler, vücudun belli yerlerine negatif veya pozitif basınç uygulayan basınç ventilatörleri idi. En eski vücut ventilatörü, tank tipi negatif basınç ventilatörü idi ve bir İskoç doktoru tarafından, 1838 yılında tanımlanmıştı. Kafa dışarıda kalacak şekilde bütün vücut kutunun içinde yer alıyordu, elle çalışan bir körük ile de negatif basınç sağlanıyordu. Bu cihazın benzerleri 1800'ü yıllarda kullanıldı, ancak 1900'ü yıllarda elektrik kullanımının devreye girmesi ve daha sonraki polio epidemisi ile bu cihazın kullanımı yaygın-

Yazışma Adresi: Prof. Dr. Turgay ÇELİKEL

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları ve Yoğun Bakım Anabilim Dalı, Altunizade-İSTANBUL

Makalenin Geliş Tarihi: 17.04.2002

Makalenin Kabul Tarihi: 27.04.2002

laştı. İlk elektrikli vücut ventilatörü, 1928 yılında Philip Drinker isminde Bostonlu bir mühendisin geliştirdiği demir akciğerdir^[1]. 1931 yılında J. H. Emerson bu cihazı geliştirmiş ve elektrik kesildiğinde elle çalışması mümkün olmuştur. Emerson'un modeli daha ön plana geçmiş ve 1930-1960 yılları arasında bu modelden binlerce üretilmiştir.

Tank ventilatörlerin ağırlığı ve taşınabilir olmayışı, daha taşınabilir negatif basınçlı cihazların gelişmesini stimüle etmiştir, bunlar arasında göğüs "cuiras" (kabuk) ventilatör ve yağmurluk (sarma) ventilatör sayılabilir. İlk defa 1876 yılında bir Avusturyalı doktor tarafından geliştirilmiş olmakla birlikte, "Fairchild-Huxley" ve "Monaghan" taşınabilir ventilatörleri, 1949 yılında seri üretilmeye başlanmıştır. Kısa süre sonra da "Tunncliffe" soluma ceketi tanımlanmıştır. Bu cihazlar solunum paralizisi olan polio hastalarının kronik desteği için yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

Polio epidemileri NIMV'ye diğer yaklaşımları da stimüle etmiştir; sallanan yatak ve intermittant abdominal basınç ventilatörü (pnömobelt) bunlar arasında sayılabilir. Solunuma destek için sallama F. C. Eve tarafından 1932 yılında tanımlanmıştır ve 1960'lı yıllara kadar İngiliz Deniz Kuvvetleri'nde boğulan kurbanların resüsitasyonu için kullanılmıştır^[2]. 1940'lı yıllarda Wright, ilk sallanan yatağı geliştirmiştir^[3]. Bu cihaz 1950'li yıllarda demir akciğerden hastaları ayırma aşamasında popüler olmuştur. Bazı polio sonrası hastalar bu cihazı kronik ventilasyon desteği için yıllarca kullanmışlardır.

Nobel kazanan bir fizikçi olan Sir William Bragg, pnömobelti 1930'lu yıllarda keşfetmiştir. Musküler distrofi bir arkadaşına Amerikan futbolu iç topundan hazırladığı cihaz, aşağı toraks ve abdomen arasına sarılıyor ve ekspiryumda bir hava pompası ile şişiriliyordu. Cihaz 1950 sonlarında, polio epidemisinin sonuna yaklaşırken, portatif olması ve kullanma kolaylığı olduğu için çok popüler olmuştur^[4].

İnvaziv Pozitif Basınçlı Ventilasyonun Yaygınlaşması

1960 yılından önce, invaziv pozitif basınçlı ventilasyon büyük çoğunlukla anestezi uygulamak için kullanılırdı. Bulbar polio hastalarına sıklıkla hava yolu sekresyonlarının temizlenmesi için trakeostomi tüpü takılır, ancak solu-

num desteği yine de sıklıkla demir akciğer tarafından sağlanırdı. 1952 yılında Kopenhag'daki büyük bir polio salgınında eldeki mevcut negatif basınçlı ventilatörler yetmeyince, anestezi ünitelerinden ödünç alınan pozitif basınçlı ventilatörler kullanılmaya başlandı ve çoğunlukla da gönüllüler, hemşireler ve öğrenciler tarafından elle çalıştırıldı. Epideminin erken döneminde pozitif basınçlı ventilasyon uygulanan hastalarda sağkalımın çok daha iyi olduğu gözlemlendi ve bu da hava yolunun daha iyi korunmasına ve sekresyonların aspire edilebilmesine bağlandı^[5]. Kısmen bu deneyime bağlı olarak, 1960'lı yıllarda yoğun bakımların oluşmaya başlaması ve kullanımı kolay, göreceli ucuz pozitif basınçlı ventilatörlerin geliştirilmesi ile yavaş yavaş invaziv pozitif basınçlı ventilasyona bir eğilim oluştu. Pozitif basınçlı ventilasyonun translarengeal endotrakeal tüpten verilmesi, akut solunum yetmezliğindeki hastaların desteği için standart uygulama oldu.

NIMV'nin Tekrar Ortaya Çıkışı

Batıda, vücut ventilatörleri, akut solunum yetmezliğinde kullanılmamakla birlikte, nöromusküler yetmezlik ve kifoskolyoza bağlı kronik solunum yetmezliğinde 1980 yılı ortalarına kadar kullanılmaya devam etmiştir. Noninvaziv pozitif basınçlı ventilasyona (NPPV) kıyasla birtakım dezavantajları olduğundan -hasta konforsuzluğu, pozisyon vermede kısıtlılık, tam oturmada problemler, taşınabilir olmaması, obstrüktif uyku apneyi kötüleştirilmesi gibi- bu cihazların kullanımı çok azalmıştır.

Pozitif basıncın noninvaziv kullanımı, 1930'lu yıllarda Alvan Barach tarafından sürekli pozitif hava yolu basıncı "Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)" uygulamasının akut pulmoner ödem tedavisinde faydalı olabileceğinin gösterilmesine kadar uzanır^[6]. 1947 yılında ilk defa tanımlanan aralıklı pozitif basınçlı soluma "Intermittent Positive Pressure Breathing (IPPB)" bir ağız parçası ile uygulanıyordu ve 1980'lerin ilk yıllarına kadar Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde akut bakım hastanelerinde kullanılmıştı (Türkiye'de genelde "Bird" cihazı diye bilinir)^[7]. Bu yöntem daha çok KOAH'lılara ve astımlılara bronkodilatör vermek için kullanıldı, ancak bazı araştırmacılar bu cihazın noninvaziv ventilatör destek potansiyelini araştırdı. KOAH'lılara oksijen verimi esnasındaki karbondioksit

yükselmesini azalttığı gösterilmekle birlikte, "National Institutes of Health" tarafından organize edilen prospektif randomize çalışmada KOAH'lılarda nebulizasyon tedavisine üstünlüğünün gösterilememesi üzerine, kullanımı çok büyük ölçüde ortadan kalkmıştır^[8]. Solunum destek cihazı olarak IPPB'nin başarısız olmasındaki muhtemel en önemli neden, sadece günde 3-4 defa 15 dakika, bronkodilatatör verilmesi için kullanılmasıdır. Bugünkü anlayışımıza göre, bu süre, yararlı bir solunum destek tedavisi için oldukça kısadır.

NPPV'nin geceleri ve gerektiğinde de gündüz vakti kullanımı, özellikle nöromusküler hastalıklarda, bazı rehabilitasyon hastanelerinde 1960'lı yıllara kadar uzanır^[9]. Bu merkezlerde esas olarak ağız parçası bağlantısı kullanılmıştır ve bu diğer yerlerde pek kabul görmemiştir. Yüz maskeleri de hasta tarafından iyi tolere edilmediğinden kronik hastalarda yaygın kabul görmemiştir. NIMV'nin bu kadar yaygınlaşmasındaki en önemli faktörlerden birisi, obstrüktif uyku apne için nazal CPAP maskesinin 1980'li yılların başında kullanılmaya başlanmasıdır^[10]. 1984 yılında Fransız araştırmacılar bu maskelerin "Duchenne" musküler distrofisinde gece adaleleri dinlendirmek için kullanılmasını önerdiler^[11]. Kısa süre sonra noktürnal nazal ventilasyonun gaz değişim bozukluklarını gidermedeki ve semptomları azaltmadaki başarısı değişik nöromusküler hastalık ve göğüs duvarı deformitelerinde rapor edilmeye başlandı^[12-14]. Daha sonraki çalışmalar da ilk çalışmalarını destekleyince NPPV'nin kronik solunum yetmezliğindeki önemli rolü ortaya çıktı. Akut solunum yetmezliğindeki rolünü ortaya çıkartmak için de yeni çalışmalar yapılmaya başlandı.

NIMV'ye bu kadar ilgi duyulmasının temel nedeni invaziv ventilasyonun komplikasyonlarını azaltma isteğidir. İnvaziv ventilasyon çok etkili ve güvenilir olmakla birlikte, endotrakeal entübasyonun komplikasyonları çok yaygındır. Bunlar entübasyon ve MV süresinde olanlar, hava yolu savunma mekanizması olmamasına bağlı olanlar ve endotrakeal tüp çıkartıldıktan sonra oluşanlar olarak üç ana gruba ayrılabilir^[15].

İlk grupta; gastrik muhtevanın aspirasyonu, dişe, hipofarenkse, özefagusa, larenkse ve trakeaya travma, translarengeal tüp koyma esna-

sında gelişebilecek aritmi, hipotansiyon ve barotrauma sayılabilir. Trakeostomi açılması esnasındaki riskler, hemoraji, stomal infeksiyon, yalancı lümen entübasyonu, mediastinit, trakea ve özefagus ve kan damarları dahil, çevredeki dokularda akut zedelenme olarak sayılabilir. İkinci grup; endotrakeal tüplerin, mikroorganizmalar ve diğer yabancı cisimlerin aşağı hava yollarına direkt geçişi sağlayıp, bu şekilde kronik bakteriyel kolonizasyon, inflamasyon ve hava yolu siliyer fonksiyonunun bozulmasına izin vermesi sonucu oluşan infeksiyonlardır. Bu faktörler, yoğun bakımda MV uygulanan hastalarda %21 oranında görülen nozokomiyal pnömoni oluşumunu hızlandırır. Hijyenik koşulların ve hasta hemşire oranının batıya kıyasla daha düşük olduğu ülkemizde nozokomiyal pnömoni riski özellikle önemlidir. Ayrıca, nazal entübe hastalarda %5-25 oranında sinüzit geliştiği bilinmektedir. Endotrakeal tüpün oluşturduğu kronik aspirasyon ve iritasyon da endotrakeal sekresyonların aspirasyonunu gerektirir, bu da alt hava yolu mukozasını daha fazla irrite ederek, rahatsızlık, daha fazla inflamasyon, ödem ve artmış mukus üretimine yol açar. Üçüncü grupta; ses kısıklığı, boğaz ağrısı, öksürük, balgam üretimi, hemoptizi, vokal kord disfonksiyonu veya larenks şişmesi sonucunda oluşan üst hava yolu obstrüksiyonu ve ekstübasyon sonrasında oluşan trakeal stenoz sayılabilir.

Hasta yönünden, translarengeal entübasyonun en sorunlu tarafı, tüpe bağlı rahatsızlık ve yemek ve iletişimasyonun büyük ölçüde engellenmesidir. Bu durum, izolasyon, güçsüzlük ve anksiyete hislerinin ortaya çıkmasına yol açar. Bu da sedasyon gereksinimini arttırıp, ayrılmayı geciktirecek, bakım masraflarını arttıracak ve daha fazla komplikasyon oluşma riskini potansiyalize edecektir. Trakeostomi yerleştirilmesi bakımı bir miktar basitleştirecektir. Aspirasyon cihazları gerekir ve hastaya bakanların iyi eğitilmiş olmaları gereklidir, bu da bakım masraflarını arttırır. İlave olarak, trakeostomiler gram-negatif bakteriler ile üst hava yolu kolonizasyonuna yol açarak pnömoni riskini arttırmırlar. Uzun süreli trakeostomiler, trakeomalazi, endotrakeal granülasyon dokusu oluşumu, trakeal stenoz, kronik ağrı ve trakeo-özefageal veya trakeoarteryel fistül ile komplike olurlar. Bu değerlendirmeler ve potansiyel komplikasyonlar, kronik bakım için opsiyonla-

rı sınırlandırır, hatta eve taburcu olmak gecikebilir.

Hastalar iyi seçildiği takdirde, NIMV'nin entübasyonu önleyerek, bu problemleri önleme potansiyeli vardır. İnvaziv ventilasyona zıt bir şekilde, NIMV üst hava yolunu bozmaz, hava yolu savunma mekanizmalarının devamını sağlar, hastaların yemesi, içmesi, konuşması, sekresyonlarını atması mümkün olur. Birkaç yeni çalışma, NPPV'nin MV'nin infeksiyöz komplikasyonlarını azalttığını göstermiştir^[16-18]. NIMV konforu, pratikliği ve taşınabilir olmayı endotrakeal entübasyondan daha düşük bir fiyata sağlayabilir. Bunun dışında, yeterli hemşire desteği ile NIMV yoğun bakım dışında da uygulanabilir, bu yoğun bakım yataklarının daha verimli kullanımına yol açar ve kronik solunum yetmezlikli hastaların evdeki bakımını büyük ölçüde kolaylaştırır (Tablo 1).

NIMV Ekipmanı ve Teknikleri

İnvaziv veya noninvaziv pozitif basınçlı ventilatörler, solunuma hava yoluna basınçlı gaz vererek katkıda bulunurlar, bu şekilde transpulmoner basınç artar ve akciğerler şişer. Arkasından oluşan ekshalasyon akciğerlerin elastik tepki gücü (elastic recoil) ve bazen de ekspiratuvar adalelerin aktif kasılma gücü katkısı ile olur. İnvaziv ve NPPV arasındaki temel fark, NPPV'de gazın bir maske ile verilmesidir. NPPV'nin açık solunum devresi, ağızdan veya maske etrafından hava kaçakları oluşma-

sına izin verir. Bu nedenle, NPPV'nin başarılı olabilmesi için, ventilatör sistemi bu hava kaçaklarını etkili bir şekilde kompanse edebilmeli, konforlu ve hasta tarafından kabul edilebilir olmalıdır.

Ara bağlantı (interface): Ventilatör borularını yüze bağlayan parçalardır, bunlar NPPV esnasında basınçlı gazın üst hava yoluna girmesini kolaylaştırır. Mevcut ara bağlantılar arasında, nazal ve oronazal maskeler ve ağız parçaları sayılabilir.

Nazal maskeler: Nazal maske, kronik kullanımda CPAP veya NPPV uygulanması için sıklıkla kullanılır. Standart nazal maske, üçgen veya koni şeklinde, şeffaf, plastik, burna tam oturan ve yumuşak bir basınçla hava mühürü oluşturan bir aygıttır. Bu ağıtlara obstrüktif uyku apne sendromu tedavisi için çok talep olduğundan, birçok firma tarafından değişik boyutlarda üretilirler. Standart nazal maske hava mühürü oluştururken, burun köprüsü üzerinde oluşan basınca bağlı ciltte irritasyon, kızarıklık, bazen de ülserasyonlar oluşabilir. Bu komplikasyonu azaltmak için alın destekleri kullanılabilir. Bazı üreticiler konforu arttırması için jel mühürlü maskeler çıkartmışlardır. Maskenin cüssesini azaltmak için mini maskeler de çıkartılmıştır, bunlar kloströfobiye önler ve kullanım esnasında okumaya da izin verirler. Ticari olarak bulunan maskeleri tolere edemeyen nadir hastalar için ölçüye göre ısmarlanma maskeler de yaptırılmaktadır.

Maskeyi yerinde tutmaya yarayan elastik bantlar da hasta konforu açısından önemlidir ve değişik şekilde olanları mevcuttur. Üreticilerin çoğu belli bir maskeye uyacak şekilde bant üretirler. Bant, cinsine göre ara bağlantıya 2-5 noktadan bağlanabilir. Çok noktadan bağlantı stabiliteyi arttırmaktadır. "Velcro" bağlantılı bantlar popülerdir ve bantla elastik kepin birleştirildiği bağlantılar kaymayı ve düğümlemeyi azalttığı için hastalar tarafından tercih edilmektedir.

Başka bir nazal ara bağlantı da burun yastığıdır, bunlar yumuşak lastik veya silikondan yapılır ve burnun üzerine oturur. Burun köprüsünde basınç oluşturmadığından, standart maske kullanırken burnunda ülserasyon gelişen kimselerde faydalıdır. Kütlesi daha küçük olduğundan kloströfobik bazı hastalar tarafından da tercih edilmektedir.

Tablo 1. NIMV'nin amaçları.

• Kısa-sürelili (akut dahil)
Semptomların giderilmesi
Solunum işinin azaltılması
Gaz değişiminin iyileştirilmesi veya stabilize edilmesi
Hasta konforunun optimize edilmesi
İyi hasta-ventilatör uyumu
Riskin minime indirilmesi
Entübasyonun önlenmesi
• Uzun süreli
Uyku süresinin ve kalitesinin düzeltilmesi
Yaşam kalitesinin maksimale çıkartılması
Fonksiyonel durumun arttırılması
Yaşamın uzatılması

Oronazal maskeler: Oronazal ya da tüm yüz maskesi burnu ve ağız aynı anda kaplar. Genellikle akut solunum yetmezliğinde kullanılır, ancak kronik uygulamalarda da faydalı olabilir. Akut solunum yetmezliğinde NPPV'yi araştıran çalışmaların yarısında oronazal maske kullanılmıştır. Kronik kullanımda, hastalar burnun ve ağzın aynı anda kapatılmasına itiraz edebilirler, aynı zamanda ventilatör bozulduğunda veya elektrik kesildiğinde maskeyi çıkartamayacak durumda olan hastalarda asfiksi riski vardır. Oronazal maske yemeyi, konuşmayı ve ekspirasyonu etkiler, klostrifik reaksiyonlar görülebilir, nazal maskeye kıyasla aspirasyon ve yeniden soluma riski daha fazladır. Bunun yanında nazal maske solunması esnasında ağızdan çok kaçak olan kişilerde oronazal maske tercih edilir. Oronazal maskelerdeki son gelişmeler, daha iyi yüze oturmasına izin vermekte, bazılarında da cihaz bozulduğunda bantlar hemen çözülebilmekte ve antiasfiksi valfleri devreye girip yeniden solumayı önleyebilmektedir. Bu gelişmeler oronazal maskelerin kronik hasta grubunda kullanımını da arttırmaktadır. Şeffaf plastikten yapılmış yeni bir maske de, yüzü çepeçevre sarıp yüz oluşumları üzerinde direkt basıncı engelleyebilmektedir. Oldukça konforlu, ancak pahalı olan bu maske yeniden soluma (rebreathing) da fazla olmakta ve karbondioksit atılımı nispeten az olmaktadır. Ayrıca, bütün kafayı boyundan itibaren içine alan, miğfer denilen yeni maskeler de kullanıma girmiştir.

Nazal veya oronazal maskenin etkinliği, stabil hiperkapnik veya restriktif torasik hastalığı olan 26 hastada kontrollü bir şekilde araştırılmıştır. Nazal maske daha konforlu bulunmuş, ancak muhtemelen hava kaçağı daha fazla olduğu için PaCO₂'yi düşürmede daha az etkili olmuştur^[19]. Bu sonuç, birçok uzmanın inandığı, akut durumlarda oronazal maskenin tercih edilmesi inancını desteklemektedir. Dispneik hastalar ağızdan solurlar ve nazal maske kullanımında hava kaçağı artıp verimlilik düşer. Ancak her iki maske kullanıldığında da alınan verimlilik sonuçları birbirine yakındır.

Ağız parçaları: Dudak mühürü ile kullanılan ağız parçaları günde 24 saate kadar kronik solunum yetmezlikli hastalara destek vermek için 1960'lı yıllardan beri kullanılmaktadır. Ağız parçasının basit ve ucuz olma avantajı

vardır. Özel, hastaya göre üretilen ağız parçaları da bazı merkezlerde bulunmaktadır. Vital kapasitesi çok düşük çok sayıda nöromusküler hastada, bu ara bağlantı kullanılmaktadır. Nazal burun kaçağı olabilmekte, ancak tidal volüm arttırılarak veya burun delikleri kapatılarak bunun önüne geçilebilmektedir. Ağız parçası sayesinde bazı tetraplejik hastalar trakeostomiden NPPV'ye geçebilmişlerdir.

Başarılı bir NIMV servisi verebilmek için mümkün olduğu kadar çeşitli maskeyi bulundurmak şarttır, değişik yüz şekillerinde farklı maskeler ile verim alınabilmektedir. Maskeler 25-300 dolar arasında değişebilmektedir. "Gibeck" (yüz), "Puritann-Bennett" (yüz), "Mirage" (yüz), "Vital" (yüz), "Respironics" (burun, yüz, tam yüz) maskeleri Türkiye'de bulunabilmektedir.

NPPV Ventilatörleri

CPAP: İntermittant pozitif basınçlı ventilasyon yerine, bazı solunum yetmezliği tiplerinde kullanılabilir. İnspirasyonu aktif olarak desteklemediğinden gerçek bir ventilatör modu değildir. İnspirasyon ve ekspirasyon esnasında sabit bir basınç vererek, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi (FRC) arttırır ve çökmüş veya iyi havalanmayan alveolleri açar, sağdan sola şanti azaltarak oksijenizasyonu düzeltir. FRC'deki düzleme akciğer kompliyansını da düzeltip solunum işini azaltır^[20]. İlave olarak sol ventrikül transmural basıncını azaltıp, "afterload"u azaltarak kardiyak "output"u arttırabilir, bu da akut pulmoner ödem tedavisi için cazip bir mod oluşturur^[21,22]. İntrensek pozitif ekspirasyon sonu basınç (PEEPi) solunum işini, inspirasyon eşliğini (threshold) yükselterek arttırır, CPAP uygulaması bunu dengeler^[23]. Birkaç kontrolsüz çalışmada, KOAH akut alevlenmede sadece CPAP verildiğinde vital bulgularda ve gaz değişiminde düzleme gözlenmiştir^[24-26]. Bu mod daha gelişmiş cihaz bulunmadığı durumlarda, KOAH akut solunum yetmezliğinde faydalı olabilir.

Akut solunum distresinde CPAP vermek için uygulanan basınç 5-12.5 cmH₂O arasında değişir. Bu basınçlar, komprese edilmiş gaz kaynağına bağlı CPAP valfi (duvar oksijen çıkışlı CPAP, maliyeti 1000 dolar), obstrüktif apne tedavisinde kullanılan portatif ev CPAP üniteleri veya yoğun bakım ventilatörleri ile uygulanabilir. Yoğun bakım ventilatörlerinde

seçilen modele göre, CPAP, istem, “flow-by” veya sürekli akım teknikleri ile verilebilir, bunlar arasında hastaya yüklenen iş az miktarda farklılık gösterir. Yüksek hava akım hızının gerekli olduğu durumlarda ev tipi cihazlar yeterli olmayabilir.

Basınç-limitli ventilatörler: Entübe hastalar için tasarlanan yoğun bakım ventilatörlerinin çoğunda basınç-limitli modlar mevcuttur. Bu ventilatörlerin çoğu ile basınç destekli ventilasyon [Pressure Support Ventilation (PSV)] uygulanabilir. Bu modda önceden ayarlanmış bir inspirasyon basıncı spontan solunum eforlarına yardımcı olur, son yıllarda ventilatörden ayırma (weaning) modu olarak popülerlik kazanmıştır. Yoğun bakım ventilatörlerinin çoğunda ayrıca basınç kontrollü ventilasyon (PCV) modu da bulunur. Bu mod ile zaman-sikluslu önceden ayarlanmış inspirasyon ve ekspirasyon basınçları verilebilir, dakika solunum sayısı ile beraber inspirasyon/ekspirasyon (I/E) oranı ayarlanabilir. Bu modların çoğu, seçilen destekleyici solunum sayısı ile uyumlu hastatetiklemesine izin verir. Üreticiler arasında bu modlara verilen isim farklıdır, bu da kafalarda karışıklık yaratabilir. Basınç destek modu (PSV) için bazı ventilatörlerde seçilmiş ekspirasyon basıncı üzerine istenilen inspirasyon desteği kadar “pressure support” ilave edilir ve PEEP’teki ayarlamalardan etkilenmez (örn: Puritan Bennett 7200). Diğer bazı makinelerde zirve inspiratuvar [Inspiratory Positive Airway Pressure (IPAP)] ve zirve ekspiratuvar [Expiratory Positive Airway Pressure (EPAP)] basınç ayarı yapılır ve bu iki basıncın arasındaki fark “pressure support”tur (örn: “Respironics BiPAP” makinesi). Bu makine ile EPAP arttırıldığında, aynı oranda IPAP arttırılmazsa, “pressure support” azalacaktır.

PSV’nin diğer ventilatör modlarından en büyük farkı her nefeste daha farklı bir inspirasyon süresinin oluşabilmesidir, bu şekilde hastanın spontan solunum şekline yakın bir hava verme şekli oluşur. Hastanın başlattığı hassas bir tetikleme sistemi basınç desteğini yollamaya başlar ve inspiratuvar akımdaki azalma ventilatörün ekspiratuvar siklusa geçmesine neden olur. Bu şekilde PSV, hastanın hem inspirasyon süresini hem de dakika solunum sayısını ayarlamasına izin verir. İnvaziv MV esnasında “weaning” sürecinde görüldüğü

gibi, PSV çok iyi bir hasta-ventilatör senkronizasyonuna, azalmış diyafragma işine ve artmış hasta konforuna neden olur. Ancak özellikle KOAH hastalarında hasta-ventilatör asenkronizasyonuna da neden olabilir. Yüksek basınç desteği ve bunun sonucu oluşan yüksek tidal volümler daha sonraki nefeslerde yetersiz solunum eforlarına neden olabilir, bu da tetikleme-yi engelleyebilir. Aynı zamanda, KOAH hastalarında görülen kısa süreli hızlı inhalasyonlar PSV modunun ekspiriyuma geçebilmesi için gerekli süreyi sağlayamayabilir, bu şekilde makine hala inspiratuvar nefesi verirken hastanın ekspiratuvar eforu başlayabilir^[27]. Hastanın makineyi ekspiriyuma geçirebilmesi için ekspiratuvar kuvvet sarfetmesi gerekir ki, bu da solunum konforsuzluğunu arttırır. NIMV esnasında, kaçaklar nedeni ile bu şekildeki asenkronizasyon artar.

PSV sıklıkla standart yoğun bakım ventilatörleri ile verilir, basınç-limitli ventilasyon veren portabl cihazların sayısında da önemli bir artış olmuştur. Bu cihazlara “bi-level” (çift basınçlı) cihazlar da denilmektedir (BiPAP= “Respironics” firmasının “bi-level” çalışan cihazının markasıdır). Bu cihazlar 5-10 kg ağırlığında, küçük ve aynı zamanda ucuzdur, bu nedenle yoğun bakım ventilatörlerinden daha portabldır. Bazısında sadece spontan tetiklemeli basınç desteği modu bulunurken, bazısında aynı anda, basınç-sınırlı, zaman-sikluslu ve asist modlar bulunur. Bazısında ayarlanabilir tetik hassasiyeti, yükselme zamanı (“rise time”= zirve basınca ulaşmak için gerekli zaman), inspirasyon süresi bulunur. Bu ayarlar hasta-ventilatör senkronizasyonunu ve konforunu arttırabilir. Bu ventilatörlerin performans karakteristikleri sıklıkla yoğun bakım ventilatörleri ile boy ölçüşebilmektedir^[28].

Bu avantajlarına karşın, “bi-level” cihazlar, cihazına göre, 20-35 cmH₂O’dan fazla basınç oluşturamazlar ve çoğunda oksijen karıştırıcı veya gelişmiş alarm ve akü desteği yoktur. Bu nedenle yüksek konsantrasyonda oksijen veya yüksek basınç gereksinimi olan hastalar için önerilmezler. Uygun alarm ve monitörizasyon sistemleri eklenmedikçe sürekli MV desteği gereken hastalar için önerilmezler. Yeni piyasaya verilen bazı “bi-level” cihazlarda gelişmiş alarm, monitörizasyon kapasitesi, grafik görüntü ve oksijen karıştırıcılar vardır, bu cihaz-

ların akut solunum yetmezliklilerde kullanılması daha uygundur.

Ucuzluğu, portabl olması ve rahatlığı nedeniyle sadece gece solunum desteği gereken kronik solunum yetmezlikli hastalarda “bi-level” cihazlar çok popüler olmuştur. Volüm-limitli ventilatörlerden farklı olarak, bunlar inspiratuar akımlarını sistemdeki kaçağa göre değiştirebilirler, böylece de kaçağın mevcut olduğu durumlarda daha iyi gaz değişimine imkan tanırırlar. Bu cihazların önemli kısıtlılıklarından birisi, pasif ekshalasyon valfi ile beraber tek tüp kullandıkları için yeniden solumaya (rebreathing) yol açabilmeleridir^[29].

Volüm-limitli ventilatörler: Yoğun bakım ventilatörlerinin çoğunda basınç ve volüm-limitli modlar aynı anda bulunur, bunların ikisi de NIMV amacı ile kullanılabilir. Kronik uygulama için volüm-limitli mod tercih ediliyorsa portabl volüm-limitli ventilatörler pratikliği ve fiyatı nedeniyle tercih edilir. Bunlar aynen invaziv ventilasyon gibi, standart boru, oksijen takviyesi, ekshalasyon valfi ve gerektiğinde humidifikasyon ile kullanılır. Yukarıda bahsedilen portabl basınç-limitli ventilatörler ile karşılaştırıldığında, volüm-sınırlı portabl ventilatörler daha pahalı ve ağırdırlar. Ancak daha sofistike alarmları vardır, daha yüksek pozitif basınç seviyesi oluşturabilirler ve genellikle elektrikler kesildiğinde cihazı birkaç saat çalıştırabilecek aküleri vardır. Bu ventilatörler genelde spontan hasta tetiklemesine izin vermesi için assist/kontrol modda ayarlanır, destek dakika ventilasyon sayısı da hastanın spontan solunum sayısının dört sayı altı olarak düzenlenir. İnvaziv ventilasyondan farklı olarak, kaçakları kompanse etmek için, tidal volüm 10-15 mL/kg gibi yüksek değerlerde olacak şekilde ayarlanır. Mevcut volüm-limitli ventilatörler, sürekli ventilasyon desteği gerektiren hastalar veya yüksek şişme basıncı gerektiren, ileri derecede göğüs duvarı deformiteli veya obez hastalar için uygundur.

Yeni noninvaziv ventilatör modları: NIMV'nin başarısı için hasta konforu ve uyumu şart olduğundan, hastanın istediği solunum paternini yansıtabilen yeni modlara ilgi büyüktür. Bu modlardan birisi “proportional assist” ventilasyondur (PAV), burada basınç veya volüm yerine, hastanın eforu hedeflenir^[30]. Bu sistem aynen otomobillerdeki havalı direk-

siyona benzer, otomobile park manevrası yaptırılırken direksiyona fazla kuvvet uygulanır ve bu şekilde havalı direksiyon daha kolay döner, otomobil hızla giderken de direksiyona az kuvvet uygulanır, bu şekilde direksiyon sertleşir. Devredeki bir pnömotak ile hastanın inspiratuar akımını ve bunun integrali volümünü, anında izleyerek, hastanın solunum eforuna hızlı bir şekilde yanıt verme kapasitesine sahiptir. “Flow” ve volüm sinyallerindeki arttırma düğmesini ayarlayarak, doktor, asiste edilmesi istenen solunum işi oranını ayarlayabilir. Bu ventilatör modu henüz yeni cihazlara uygulanmaktadır, ancak NIMV’de oldukça başarılı gözükmektedir. Bazı üreticiler tarafından, sadece NIMV uygulanması için ventilatörler tasarlanmaktadır. Bunlarda değişik basınç-limitli modlar bulunmaktadır ve PAV da bunların arasında yer almaktadır.

Negatif basınçlı ventilasyon: Negatif basınçlı ventilatörler eskiye nazaran çok az kullanılmakla birlikte, NPPV’ye uyum gösteremeyen hastalarda kullanılabileceğinden, bunların özelliklerini bilmek önemlidir. Negatif basınçlı ventilatörler intermittant olarak göğüs duvarı ve abdomene subatmosferik basınç uygulayarak çalışırlar. Bu şekilde transpulmoner basınç artar, ağızda subatmosferik basınç oluşup akciğerler şişer. Cihazın içindeki basınç atmosfer seviyesine çıkınca da, akciğerler ve göğüs duvarının elastik geri-tepme (recoil) gücüyle ekspiryum oluşur. Negatif basınçlı ventilasyonun verimi (uygulanan negatif basınç ile oluşan tidal volüm), göğüs duvarı ve abdomenin kompliyansı ve negatif basıncın uygulandığı yüzey alanı ile ilgilidir. “Cuirass” (kabuk) en az verimli olanıdır, çünkü negatif basıncı ön göğüs ve abdomenin sadece bir kısmına uygular. Sarma (wrap) ventilatör, kabuk ventilatörden genelde daha verimli olmakla birlikte, ceketin üst göğüs duvarı ve alt abdomene çökmesi sonrası verimliliği düşebilir. Hava kaçağı olması sarma veya göğüs kabuğu ventilatörlerinin verimini düşürebilir. Sadece boyun etrafından hava kaçağı olabileceği için, demir akciğerde bu sorun daha az görülür.

Tank ventilatör güvenilir bir cihazdır ve nispeten konforludur, 3 m uzunluğu ve 300 kg ağırlığı ile taşınması son derece zordur. Klostrifobik hastalar içine giremezler, kenarlarında kapakları olmasına rağmen hemşirelik hizmet-

lerini vermek kolay değildir. Daha portabl olan fiberglas tank ventilatörü de vardır, 50 kg ağırlığındadır ve 2 kişinin taşınması gereklidir. Göğüs kabuğu ve sargısı hafiftir, ancak bunları çalıştıracak negatif basınç oluşturucular 15-30 kg ağırlığındadır. Tank ve sarma ventilatörler hastayı sırtüstü pozisyona zorlayıp muskuloskeletal sırt ve omuz ağrısına yol açarlar. Göğüs kabuğu oturma pozisyonunda kullanılabilir, özellikle ölçüleri iyi alınmadıysa, cilde dokunduğu yerlerde rahatsızlık ve basınç yarası oluşturabilir.

Negatif basınçlı ventilasyonun bu kısıtlılıkları hasta toleransını bozar, ancak nonsteroidal antiinflamatuvar ilaçlar ve oturtma ayarlamaları ile bu sorunlar aşılabılır. Negatif basınçlı ventilatörlerin normal kişilerde bile obstrüktif uyku apneyi indüklemeye eğilimi vardır, bu nedenle güvenliği etkileyebilirler. Restriktif torasik hastalıklarda negatif basınçlı ventilasyon esnasında obstrüktif apne ve beraberinde ileri derecede oksijen desatürasyonu görülebilir, bu da pozitif basınçlı ventilasyona geçişi gerektirebilir. Bu durum, üst hava yolu yapılarının çökmesini önleyen, inspiryum öncesi farengal adalelerin kasılmaması ile ilgilidir.

Eksternal yüksek frekanslı ventilasyon, standart negatif basınçlı ventilasyona bir alternatif oluşturur. Bir osilatöre bağlantılı göğüs ve abdominal "cuirass"tan oluşan bu cihaz 60/dakika hıza -70'ten +70 cmH₂O kadar, basınç uygulayabilmektedir. Sekresyonların çıkartılması için de hız dakikada 999'a kadar çıkabilmektedir. I/E oranları 6/1 ve 1/6 arasında değişebilmektedir. Göğüs duvarı osilatörü 1-1.5 Hz'de I/E oranı ters döndürülerek, sekresyon temizleme aracı olarak önerilmiştir. Normal kişilerde ve KOAH hastalarında dakika volümünü arttırdığı gösterilmiştir, ancak solunum yetmezliklilerde yeterli test edilmiştir ve bu amaçlı kullanımı henüz araştırma aşamasındadır^[31].

Abdomen yer değiştirme ventilatörleri: Sallanan yatak ve pnömobelt, abdominal visseral organların yer değiştirerek diyafragma hareketine, dolayısıyla da ventilasyona yardımcı olma prensibine dayanır. Sallanan yatakta motorize platformda bir yatak vardır ve kalça seviyesindeki bir destek üzerinde 40 derece aşağı ve yukarı hareket eder. Baş aşağı geldiğinde organlar diyafragmayı iter ve ekspiryuma yardım

edilmiş olur. Baş yukarı kalktığında da organlar ve diyafragma aşağıya kayıp inhalasyona yardımcı olur. Sallanma sayısı dakikada 12-24 arasında ayarlanır. Ayarlar hastanın konforuna veya el spirometresi ile ölçülen dakika ventilasyonuna göre yapılır. Sallanan yatağın en büyük avantajı konforu ve kullanma kolaylığıdır, ancak büyüklük, gürültü ve taşınabilir olmayışı çekiciliğini azaltmaktadır^[32].

Hava kemeri (pnömobelt) hastanın karın bölgesine sarılan korse şeklinde bir apareydir, içinde ön abdomene yaslanan ve şişebilen bir elastik mesane vardır. Bu elastik mesane pozitif basınçlı bir ventilatöre bağlanır ve bu da aralıklı olarak mesaneyi şişirir. Hasta oturur vaziyette iken, mesane şişmesi abdomene baskı yaparak yukarıya iter ve ekshalasyona aktif olarak yardımcı olur. Mesane indiğinde yer çekimi diyafragmayı eski pozisyonuna getirir, bu şekilde inhalasyona yardımcı olunmuş olur. Uygulanan basınçlar 35-50 cmH₂O civarındadır ve mesane şişme basıncının artırılması tidal volümün artmasına neden olur. Ventilatör dakika nefes sayısı 12-22/dakika olarak ayarlanarak istenilen dakika ventilasyonuna ulaşılır. Pnömobelt çok taşınabilir, kolaylıkla elbise altına saklanabilir, eli ve yüzü boş bıraktığı için avantajlıdır. Hasta en azından 30 derecede oturmalıdır, bu nedenle gece kullanımı sınırlıdır. Gece başka türlü bir NIMV uygulayan hastaların gündüz solunum desteği için çok uygundur.

Sallanan yatak ve hava kemeri bilateral diyafragma paralizisi olan hastalar için çok uygundur, çünkü etkilerini diyafragmayı hareketlendirerek gösterirler. Göreceli olarak etkisi az ventilatörlerdir ve akut solunum yetmezliğinde faydaları sınırlıdır. Etkileri abdominal ve göğüs duvarı kompliyansına bağlı olduğundan, aşırı kifoskolyozlu, aşırı zayıf veya obez hastalarda ventilasyon yeterli olmayabilir^[33].

Diğer noninvaziv ventilatuvar asistans yöntemleri: Diyafragma "pacing" seçilmiş hastalarda diğer yöntemlere bağımlılığı azaltmak için kullanılabilir. Bu yöntemde supraklaviküler bölgeye radyo vericisi ve anten, diyafragmaya da elektrod ve radyo alıcısı yerleştirilir. Alıcı ve elektrod diyafragma kasılmasına neden olur. Santral hipoventilasyon ve yüksek spinal kord lezyonlarında kullanılabilir. Diyafragma ve frenik sinirin sağlam olması gerekli-

dir. Ancak NPPV'deki son gelişmeler santral hipoventilyasyonda diyafragma "pacing" gereksinimini büyük ölçüde ortadan kaldırmıştır. Diyafragma "pace" 200.000 dolar gibi yüksek fiyatlıdır, negatif basınçlı ventilatörlerde olduğu gibi, üst hava yolu obstrüksiyonu yapma eğilimi vardır, bu nedenle %90 hastada trakeostomiye gerek duyulur. Ancak başarılı olduğunda hastaları pozitif basınçlı ventilasyona bağlanma gereksiniminden kurtarır^[34].

Öksürüğe yardımcı teknikler: Yukarıda belirtilen ventilasyon asist yöntemleri esas olarak inspiyumda yardımcıdır. Son dönem nöromusküler hastalıklılarda olduğu gibi, zayıf ekspiratuvar solunum adaleleri belirgin azalmış vital kapasite ile birleştiğinde, öksürük mekanizması önemli ölçüde bozulur. Bu tür hastalarda az miktarda sekresyon tolere edilir, ancak akut bronşit veya sekresyonların aspirasyonu durumunda yaşamı tehdit edici bir kriz tetiklenebilir. Etkili bir öksürük olabilmesi için ekspiratuvar akımın > 160 L/dakika olması gerekir. Bunun için de akciğer ve göğüs duvarı elastisitesinin, hava yolu kondüktansının ve ekspiratuvar adalelerin ve glottik fonksiyonların iyi durumda olması lazımdır. Nöromusküler hastalarda bu mekanizmaların çoğu bozuk olduğundan öksürüğe yardımcı teknikler kullanılmalıdır.

En basit yöntem hasta öksürürken ellerin içi ile abdomene ani bası yapmaktır. Bu teknik hasta yakınlarına öğretilmelidir ve öksürükte zorlanma olduğunda uygulanmalıdır. Bu şekilde zirve ekspiratuvar akımlar birkaç kat artırılabilir. Aspirasyon ve regürjitasyon riskini azaltmak için teknik uygulanırken, hastalar yarı oturur pozisyonda olmalı ve yemek sonrası dikkatli bir biçimde uygulanmalıdır. Öksürüğe el ile yardım edilmesinin inspiyuma faydası yoktur, ventilatörle volüm verip inspiyuma el ile yardımcı olmak bir çözüm olabilir. Başka bir yöntem mekanik insüflatör-eksüflatör kullanılmasıdır, bu cihaz sekresyon atılımını kolaylaştırmak için polio epidemileri zamanında geliştirilmiştir^[35]. Bu cihaz yüz maskesi ile 30-40 cmH₂O pozitif inspiyasyon basıncı ve hemen arkasından aynı miktarda negatif basınç uygular. Bu cihaz el yöntemi ile de desteklenerek daha da etkili hale getirilebilir. Başka bir yöntemde perküsiv ventilatör ve "Hayek" osilatörüdür. Kullandıkları yüksek frekanstaki

vibrasyonlar hava yolu sekresyonlarının mobilizasyonunu kolaylaştırabilir. Bu cihazların kullanımını desteklemek için klinik veri yoktur^[36].

NIMV'nin Akut Solunum Yetmezliğinde Kullanılması

Yakın zamana kadar akut solunum yetmezliğinin tedavisinde tercih edilen yöntem endotrakeal entübasyon idi. NIMV'nin akut hastalarda bu kadar ilgi görmesinin nedeni, komplikasyonları azaltma isteği ve kaynakları daha verimli kullanabilme gereksiniminden doğmaktadır. Akut solunum yetmezliğinde NIMV'nin hastane morbiditesini azaltmak, invaziv ventilasyondan "weaning" süresini kısaltmak, bu şekilde yoğun bakım masraflarını azaltmak, hastanede yatış süresini kısaltmak ve hasta konforunu iyileştirmek gibi potansiyel faydaları vardır. Hasta seçimi çok iyi bir şekilde yapılmalıdır, aksi takdirde komplikasyonların artması kaçınılmazdır (Tablo 2). NPPV özellikle KOAH, kardiyojenik pulmoner ödem ve immünyüpresif hastaların solunum yetmezliğinde başarı ile kullanılır olmuştur (Tablo 3). Yakın zamanda uluslararası konsensus raporu, "non-invasive ventilation" (state of the art) makalesi ve akut solunum yetmezliğinde NIMV kullanım rehberi "British Thoracic Society (BTS)" yayınlanmıştır^[37-39].

Etkinlik

CPAP: Tek başına bir MV yöntemi olmakla birlikte CPAP bazı solunum yetmezliği tiplerinde sıklıkla kullanılır. CPAP'ın akut pulmoner ödemde kullanılması ilk defa 1938 yılın-

Tablo 2. NIMV kontrendikasyonları.

Kardiyak veya respiratuvar arrest
Solunum dışı organ yetmezliği
Ciddi ensefalopati (örn; GCS < 10)
Ciddi üst gastrointestinal kanama
Hemodinamik instabilite
Kardiyak aritmi
Fasiyal cerrahi, travma veya deformite
Üst hava yolu obstrüksiyonu
Hastanın koopere olmaması/hava yolunu koruyamaması
Hastanın solunum sekresyonlarını temizleyememesi
Yüksek aspirasyon riski

GCS: Glaskow koma skoru.

Tablo 3. NIMV ile tedavi edilebilen akut solunum yetmezliği çeşitleri.

Obstrüktif
KOAH
Astım
Kistik fibrozis
Üst hava yolu obstrüksiyonu
Restriktif
Göğüs duvarı deformitesi
Nöromusküler hastalık
Obezite hipoventilasyonu
Parankimal
AIDS'e bağlı pnömoni
ARDS
İnfeksiyöz pnömoni
Kardiyojenik
Akut pulmoner ödem
Bronkoskopi ve gastroskopiye yardım
Postoperatif hipoksemi
Entübe edilmeyecek hastalar

KOAH: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, ARDS: Akut solunum sıkıntısı sendromu.

da Barach tarafından önerilmiştir^[6]. Yakın zamanda 4 prospektif randomize çalışma ve bir büyük prospektif seri CPAP'ın yüz maskesi ile kullanımının vital bulgular, gaz değişimi ve entübasyon oranlarında önemli azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Kontrol hastalarında %47 oranında olan entübasyon CPAP sonrası %19'a düşmüştür. Hastanede yatış süresi ve mortalite üzerine bir avantaj gösterilmemiştir^[40-42].

CPAP değişik nedenlerle olan diğer solunum yetmezliklerinde de (hipoksemik veya hiperkapnik) kullanılmıştır. Postoperatif ve travma hastalarında CPAP'ın yüz maskesi ile uygulanması oksijenizasyonu hızla düzeltip entübasyonu büyük ölçüde önlemiştir, ancak bu çalışmalar kontrollü değildir^[43,44]. CPAP, KOAH akut alevlenmelerde ve obstrüktif uyku apnesi kötüleştirmelerinde de kullanılmıştır. Bu çalışmalarda 5.0-9.3 cmH₂O gibi düşük miktarlarda CPAP PaCO₂ ve PaO₂'de düzelmeye neden olup entübasyonları azaltmıştır^[45]. KOAH'ta düşük miktarlarda CPAP'ın faydalı olması muhtemelen oto-PEEP'in etkilerini dengelemesine bağ-

lıdır^[45]. CPAP'ı konvansiyonel tedavi ve NPPV ile karşılaştıran çalışmalara gereksinim vardır.

Negatif basınçlı ventilasyon: KOAH akut alevlenmelerde negatif basınçlı ventilasyon İspanya ve İtalya'da bazı araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır. Corrado ve arkadaşları bir retrospektif olgu-kontrollü çalışmada 53 KOAH akut solunum yetmezlikli hastaya çelik akciğer ile negatif basınçlı ventilasyon, 53 hastaya da yüz ve nazal maske ile NPPV uygulamışlardır. Negatif basınçlı ventilasyonda entübasyon gereksinimi %9 olurken, pozitif basınçlı ventilasyonda %13 hasta entübe edilmiştir. Araştırmacı iki yöntemin de etkisinin eşit olduğunu iddia etmekte ve prospektif randomize çalışma önermektedir^[46].

NPPV: Akut solunum yetmezliğinin NIMV ile tedavi edilmesine ilgi duyulması NPPV üzerine odaklanmıştır. NPPV'nin özefageal basınç dalgalarını ve diyafragma EMG'sini azalttığına gösterilmesi, akut solunum dekompensasyonu olan hastalarda NPPV'nin faydalı olabileceği hipotezini doğrulamıştır^[47,48]. Meduri, Brochard ve Elliott ilk pilot çalışmaları yayınladıktan sonra diğer kontrollü olmayan ve NPPV'nin akut solunum yetmezliği üzerindeki faydalarını gösteren çalışmalar yayınlanmıştır^[48-59]. Akut solunum yetmezliğinde NPPV için metodoloji Tablo 4'te verilmiştir. NIMV akut uygulamada başarıyı etkileyen faktörler Tablo 5'te gösterilmiştir. NIMV başarısızlığında yapılması gerekenler Tablo 6'da anlatılmıştır.

NPPV'nin KOAH'ta kullanımı: KOAH, NPPV ile ilgili en fazla makalenin yazıldığı hasta grubudur. Kontrollü olmayan çalışmalarda entübasyonu önleme başarısı %58-93 arasında değişir. Daha sonra yoğun bakımda yapılmış 7 prospektif randomize çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalar NIMV'nin kullanılmasının uygun olduğunu ve entübasyonu önemli ölçüde önlediğini göstermiştir (Tablo 7). Bütün çalışmalarda solunum sayısı ve kan gazları NIMV alan grupta daha hızlı düzelmiştir. Brochard'ın çalışmasında, artmış mortalite ve komplikasyonlar entübasyona ve özellikle sonrasında gelişen pnömoniye bağlanmıştır^[60]. Kramer, Çelikel ve Martin'in çalışmalarında mortalitede farklılık görülmemiştir^[61-63]. Yoğun bakım dışındaki prospektif randomize çalışmalarda daha farklı sonuçlar elde edilmiştir; Bott ve Barbe NIMV ve kontrol grupları ara-

Tablo 4. Akut solunum yetmezliğinde NPPV için metodoloji.

1. Monitörizasyonun uygun olduğu lokasyon seçilir; oksimetre, solunum sayısı ve sıkıntısı, vital bulgu takibi yapılır.
2. Hasta yatak veya sandalyede > 45 derece açıyla oturur.
3. "Interface" seçilir ve yerleştirilir.
4. Ventilatör seçilir, alarm sıfırlanır (daha sonra tekrar ayarlanmak üzere).
5. Başlık takılır, lastiğin altına 1-2 parmak girebilmelidir; başlangıçta maskenin doktor veya hasta tarafından el ile tutulması faydalıdır.
6. "Interface" ventilatör borusuna bağlanır ve ventilatör başlatılır.
7. Düşük basınç/volüm, spontan tetiklemeli mod ile, "backup rate" verilerek başlanır; basınç-limitli: 8-10 cmH₂O inspiratuvar basınç, 3-5 cmH₂O ekspiratuvar basınç; volüm-limitli: 10 mL/kg volüm ayarı seçilir.
8. İspiratuvar basınç yavaşça 10-20 cmH₂O veya tidal volüm 10-15 mL/kg'a arttırılır. Dispne, solunum sayısının azalması, iyi hasta-ventilatör senkronizasyonu takip edilir. Ekspiratuvar tidal volümün gözlenmesi önemlidir (tidal volüm > 7 mL/kg, solunum sayısı ≤ 25 olmalıdır).
9. O₂ saturasyonu %90 > olacak şekilde oksijen verilir.
10. Hava kaçığına bakılır, lastik gerilir.
11. Ajite hastada hafif sedasyon verilebilir.
12. Humidifikasyon ilave edilebilir.
13. Destek, teşvik, gereklikçe sık ventilatör ayarları yapılır.
14. Oksimetre ile monitörizasyon yapılır, kan gazı monitörizasyonu başladıktan 1-2 saat sonra ve daha sonra gereklikçe yapılmalıdır.

Tablo 5. NIMV akut uygulamada başarıyı belirleyen faktörler.

- Daha genç yaş
- Hastalığın daha düşük akutitesi (APACHE skoru)
- Koopere olabilenler, daha iyi nörolojik skoru olanlar
- Ventilatör ile solunumu koordine edebilenler
- Daha az hava kaçığı, dişlerin bozulmamış olması
- Hiperkarbi, ancak çok ileri değil (PaCO₂ > 45 mmHg < 92 mmHg)
- Asidemi, ancak çok ileri değil (pH < 7.35, > 7.10)
- Gaz değişimi, kalp ve solunum hızında 2 saat içinde olumlu değişme
- APACHE: "Acute Physiologic Assessment and Chronic Health Evaluation".

sında fark gösterememişlerdir^[64,65]. Barbe'nin çalışmasında, hastalar henüz hafif dekompanse olduğundan, medikal tedavi ile iyileşmeleri doğaldır. Diğer çalışmalardan farklı olarak Plant ve arkadaşları servis hemşirelerini eğitmişler ve KOAH'a bağlı solunum yetmezliği olan 236 hastaya prospektif randomize olarak NIMV uygulanmıştır^[66]. NIMV ile entübasyon gerekliliği %27'den %15'e düşmüştür. Hastane içi mortalite de %20'den %10'a düşmüştür. Alt grup analizinde pH değeri 7.30'un altında olan grubun sonuçları yoğun bakımda tedavi edilen diğer çalışmaların sonuçlarından düşük bulunmuştur. Bu nedenle bu grup hastalara yoğun bakımda NIMV uygulanması daha uygundur. Bütün bu çalışmalar hemen baştan entübasyonu gereken hastaları çalışma dışı tutmuşlardır.

Başka bir kontrollü çalışma NPPV'nin etkilerini, KOAH akut alevlenmedeki hastalarla 4 saatlik bir sürede doksapram ile karşılaştırmıştır. Doksapram PaO₂'yi geçici olarak düzeltilmiş ancak PaCO₂ üzerine etkili olmamıştır. Doksapram grubunda üç ölüm gözlendikten sonra çalışmaya son verilmiş ve NPPV'nin daha üstün olduğuna karar verilmiştir^[67].

Özet olarak, elimizdeki bulgular NPPV'nin vital bulguları ve dispne skorunu düzelttiğini ve ciddi KOAH alevlenmelerinde entübasyonu engellediğini göstermektedir. NPPV ayrıca mortalite ve morbiditeyi azalttığı gibi, yoğun bakımda ve hastanede kalış süresini de azaltmaktadır. Keenan ve arkadaşlarının yaptığı bir meta-analizde, kontrollü çalışmaların toplanmasından çıkan sonuç KOAH alevlenmelerinde NPPV kullanılmasını desteklemektedir^[68]. Bu çalışmalarda NIMV entübasyonu önlemek için kullanılmaktadır, yerini almak için değil. KOAH'ta seçilmiş hastalarda ilk ventilasyon tedavisi olarak tercih edilmesi gerekirken, NPPV kontrendikasyonları olan hastalarda vakit geçirmeden invaziv ventilasyon tercih edilmelidir.

Astım: Akut astımın tedavisi konusunda yayınlanmış prospektif randomize bir çalışma yoktur. Gereksinimi olan hastalara etik nedenlerle birçok merkezde uygulandığından böyle bir çalışma yapılamamıştır. Birçok serinin içine 2-3 astım hastası dahil edilmiştir. Bir seride NIMV uygulanan ortalama PaCO₂ 67 mmHg olan 5 hastadan sadece 1'inde entübasyona gereksinim olmuştur ve mortalite görülmemiştir^[59]. Meduri'nin daha sonraki serisinde ortalama pH 7.25 ve PaCO₂ 65 mmHg olan 17 as-

Tablo 6. NIMV başarısızlığında yapılması gerekenler.

- “Altta yatan hastalığın tedavisi optimal midir?”
Verilmesi gereken medikal tedavinin verildiğinden emin ol
Balgamın çıkartılması için fizyoterapiyi düşün
- “Herhangi bir komplikasyon oluştu mu?”
Pnömotoraks ve aspirasyon pnömonisi olasılığı üzerinde dur
- PaCO₂ hala yüksek
“Hastaya çok fazla mı oksijen veriliyor?”
FiO₂, SpO₂ %85-90 olacak şekilde ayarla
“Aşırı hava kaçığı var mıdır?”
Maskenin yüze oturmasını kontrol et
Nazal maske kullanılıyorsa, yüz maskesine geç veya çene bağı kullan
“Devre doğru kurulmuş mudur ?”
Bağlantıların doğru yapıldığından emin ol
Devredeki kaçakları kontrol et
“Tekrar-soluma olmakta mıdır?”
Ekspirasyon valfinin (eğer varsa) açık olduğundan emin ol
“Bi-level” basınç desteği kullanılıyorsa EPAP’ı arttırmayı düşün
“Hasta ventilatör ile senkronize midir?”
Hastayı gözle
Hızı veya I/E oranını (asist kontrolde) ayarla
İnspiratuvar tetiklemeyi ayarla (ayarlanıyorsa)
Ekspiratuvar tetiklemeyi ayarla (ayarlanıyorsa)
EPAP arttırmayı düşün (KOAH “bi-level pressure support” uygulandığında)
“Ventilasyon yeterli midir?”
Göğüs genişlemesini gözle
Hedef basıncı (IPAP) veya volümü arttır
İnspirasyon zamanını arttırmayı düşün
Solunum sayısını arttırmayı düşün (dakika ventilasyonunu arttırmak için)
Eğer mevcut ise başka bir ventilasyon modunu dene
- PaCO₂ düzeliyor, PaO₂ hala düşük
FiO₂’yi arttır
EPAP’ı arttır (“bi-level pressure support” kullanıldığında)

KOA: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, EPAP: “Expiratory Positive Airway Pressure”, IPAP: “Inspiratory Positive Airway Pressure”, I/E: İnspirasyon/ekspirasyon.

tımlıya yüz maskesi ile NIMV uygulanmıştır. Sadece 2’sine entübasyon uygulanmak zorunda kalmıştır. Ortalama 16 saat süre ile uygulama yapılmış ve komplikasyon oluşmamıştır^[69]. Ancak medikal tedavi de oldukça etkilidir ve kontrol grubu olmadan kesin bir yargıya varılamaz. Sadece CPAP kullanımını da bazı hastalarda faydalı olabilir, ancak rutin kullanımı için elimizde yeterli veri yoktur.

Restriktif hastalık: NPPV’nin restriktif torasik hastalığa bağlı kronik solunum yetmezliğinde kullanımı genel olarak kabul görmüştür. Bu hastalarda akut solunum yetmezliğinde yapılmış kontrollü çalışma yoktur. Meduri’nin serisinde 2 yıl içinde NIMV uygulanan 158 hastadan sadece 5’inde restriktif akciğer hastalığı vardır^[59]. Kontrollü olmayan serilerde NIMV’nin nöromusküler hastalıklar ve kifoskol-

Tablo 7. KOAH'ta NIMV ile yapılan prospektif randomize çalışmaların özeti.

Yazar	Yıl	Teknik/maske	İnsp/eksp basınç	NPPV	Kontrol	Tanı	PaCO ₂		PaO ₂	
							B	S	B	S
Bott	1993	Volüm/nazal	-	30 (3)	30 (9)	KOAH	65	55	-	-
Kramer	1995	BiPAP/nazal	8/2	16 (5)	15 (11)	KOAH	74	67	67	92
Brochard	1995	PSV/oronazal	20	43 (11)	42 (31)	KOAH	70	68	41	66
Angus	1996	PSV/nazal	14/18	9 (0)	8 (3)	KOAH	76	65		
Çelikel	1998	PSV/oronazal	15/5	15 (1)	15 (6)	KOAH	69	64	55	85
Plant	2000	VPAP/nazal/oronazal	-	118/18	118/32	KOAH	66	61	52	56
Barbe	1996	BiPAP/nazal	15/5	14/4	10 (0)	KOAH	59	-	45	-
Total				245/42	238 (29)		68	60	54	67
				%83	%61					

KOAH: Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, PSV: "Pressure Support Ventilation", BiPAP: "Bi-level Positive Airway Pressure", NPPV: Noninvasiv pozitif basınçlı ventilasyon, B: Birinci ölçülen PaCO₂, S: Son ölçülen PaCO₂, VPAP: Volume positive airway pressure.

yozda entübasyonu önlediği gösterilmiştir^[70,71]. İnterstisyel fibrozis gibi hastalıkların akut kötüleşme gösterdiğinde, NPPV'den fayda gördüğünü gösterir yayın yoktur. Şahsi deneyimlerimizde de bu hastaların fayda gördüğünü izlemedik. Kötüleştirenin akut dönüşebilir bir olaya bağlı olduğu düşünülüyorsa, bu hastalara NIMV verilmesi önerilmez.

Akut kardiyojenik pulmoner ödem: CPAP'ın akut pulmoner ödemli hastalarda entübasyonu önlemede etkili olduğu gösterilmiştir. İnspiratuvar asistansın da buna eklenmesinin solunum işini daha da fazla azaltacağı düşüncesi ile bu hastalarda "Bi-level Positive Airway Pressure (BiPAP)" kullanılmıştır. Meduri'nin serisinde NIMV uygulanan 8 hastanın 4'ünde entübasyon önlenmiştir. Akut pulmoner ödem acil tedavisine yönelik retrospektif bir çalışma bu hastalara NIMV uygulandığında, invaziv ventilasyona kıyasla yoğun bakımda kalış süresinin 2 gün kısaldığını göstermiştir^[72]. CPAP ve NIMV'yi karşılaştıran (BiPAP) bir prospektif randomize çalışma, BiPAP alan grupta PaCO₂'nin daha çabuk düştüğünü göstermiştir^[73]. NPPV grubunda miyokard infarktüsü %71 bulunurken, CPAP grubunda %31 bulunmuştur. İki grup arasında entübasyon, mortalite ve morbidite oranlarının aynı olduğu saptanmıştır. Ancak çalışma başladığında NPPV uygulanan grupta daha fazla göğüs ağrısı olduğundan, miyokard infarktüs oranlarındaki bu farklılık randomizasyon hatasına bağlanmıştır. Akut pulmoner ödem noninvasiv tedavisi ile

ilgili bir meta-analiz CPAP kullanımını desteklemektedir, ancak NPPV verisi bir sonuca varmak için yeterli değildir. CPAP başta 10-12.5 cmH₂O denenmeli, hiperkarbi veya CPAP'a rağmen devam eden dispne varsa inspiratuvar basınç eklenmelidir^[74].

Toplumda edinilmiş pnömoni: NPPV'nin akut pnömonide kullanımı ile ilgili kontrollü çalışmalar yakın zamanda yayınlanmıştır. Confalonieri ve arkadaşları, 56 ciddi toplumda edinilmiş pnömonisi olan hastayı NPPV ve konvansiyonel tedavi uygulanması şeklinde randomize etmişler ve NPPV'nin entübasyonu %50 azalttığını gözlemlemişlerdir. Hastane mortalitesi aynı olmakla birlikte NPPV uygulanan grupta yoğun bakımda kalış süresi daha kısa bulunmuştur. Alt grup analizinde esas fayda gören grubun KOAH'lılar olduğu ortaya çıkmıştır^[75].

Hipoksemik solunum yetmezliği: Hipoksemik solunum yetmezliği tanımına, PaO₂/FiO₂ < 200, solunum sayısı > 35/dakika olan akut pnömoni, akut pulmoner ödem, akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS) ve travma gibi hastalıklar girer. Meduri ilk serisinde, bu gruptaki 4 hastasında da başarı rapor etmiştir^[49]. Wysocki daha sonra PaCO₂ < 45 mmHg olan 8 hastadan 7'sinin başarısız olduğunu, PaCO₂ > 45 mmHg olan 9 hastadan 7'sinin de başarı ile tedavi edildiğini yazmıştır^[76]. Daha sonra daha geniş bir hasta grubu ile randomize çalışma yapan aynı araştırmacılar, PaCO₂ < 45 mmHg olduğunda %90 başarısızlık olduğunu yazmışlardır.

Meduri ve arkadaşlarının büyük hasta serisinde; 158 hastanın 41'inde hipoksemik solunum yetmezliği saptanmış ve bunlarda NPPV, entübasyonu %34 oranında önlemiştir, beklenen mortalite %40 iken %22'ye düşmüştür^[59]. Altmışdört hipoksemik solunum yetmezlikliyi içeren Antonelli ve arkadaşlarının çalışmasında, hastalar entübe edilmiş veya NPPV uygulanmıştır, NPPV uygulanan hastaların %31'inde entübasyon gerekmiştir^[16]. İki grupta da oksijenizasyon aynı ölçüde düzelmiş, NPPV ile tedavi edilen hastalarda pnömoni, sinüzit gibi komplikasyonlar %3 oranında görülürken, entübasyon grubunda %31 oranında görülmüştür. NPPV grubunda mortalite ve yoğun bakımda yatış süresi daha kısa olmuştur. Altmışbir akut solunum yetmezlikli hastayı içeren, yeni, başka bir prospektif randomize çalışma, NPPV uygulamasının entübasyon oranını %22.6'dan %7.5'e düşürdüğünü göstermiştir, mortalite iki grup arasında farklılık göstermemiştir^[63].

Avrupa ve ABD'den 8 yoğun bakımı içeren bir çalışmada, 2 yıl içinde hipoksemik solunum yetmezliği nedeni ile NPPV uygulanan hastalarda başarısızlık ön belirleyicilerine bakılmıştır. NPPV 108/354 (%30) hastada başarısız olmuştur. ARDS ve toplumda edinilmiş pnömönide %50 oranında entübasyon gerekmiştir. Buna karşılık pulmoner ödemde %10 ve akciğer kontüzyonunda %18 oranında entübasyon gerekmiştir. Yaşın 40 üzeri olması, "Simplified Acute Physiology Score (SAPS) II'nin > 35 olması, nedenin ARDS veya toplumda edinilmiş pnömoni olması ve PaO₂/FiO₂ 1 saatlik NPPV

sonrası < 146 olması bağımsız olarak başarısızlığı arttıran faktörler gibi görünmektedir^[77].

Başarılı çalışmalardan farklı olarak Wood ve arkadaşları acil serviste yapılan, değişik akut solunum yetmezlikli hasta gruplarında bir NPPV çalışması yayınlamışlardır. Sözkonusu çalışmada NPPV grubunda "Acute Physiologic Assessment Chronic Health Evaluation (APACHE)" skoru daha yüksektir ve hasta grupları tam eşit değildir. Sonuçta NPPV grubunda entübasyon oranında azalma olmadığı gibi, mortalitede %25 artış görülmüştür, bu da entübasyonun geç yapılmasına bağlanmıştır. Bu çalışmadan anlaşılacağı gibi, yeterli deneyim, uygun ekipman, uygun ortam olmadığı ve hasta seçimi yanlış yapıldığı zaman NPPV olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Hipoksemik solunum yetmezlikliler arasından özellikle hangilerinin fayda görebileceğini gösterir prospektif randomize çalışmalara gereksinim vardır^[78]. Tablo 8'de hipoksik solunum yetmezliğinde NIMV ile yapılan prospektif randomize çalışmalar özetlenmiştir.

İmmünkompromize hastalar: Bu hastalar pnömoni ve hipoksemik solunum yetmezlikli gruplar ile çakışır. Entübasyonun bu hasta grubunda pnömoni ve üst hava yolu kanamasını arttırma riski yüksek olduğundan NPPV özellikle çekicidir. İnvaziv MV'nin bu hasta grubunda çok yüksek mortalitesi olduğu bilinmektedir (%90 civarı). Conti ve arkadaşları yaptıkları pilot çalışmada, hematolojik malignitesi olan 16 hastanın 15'inde entübasyonu önleyebilmişlerdir^[79]. Antonelli ve arkadaşları, solid organ transplantasyonu sonrası oluşan

Tablo 8. Hipoksemik solunum yetmezliğinde NIMV ile yapılan prospektif randomize çalışmalar.

Çalışma	Çalışma popülasyonu	NPPV	Entübasyon	Mortalite	Fizyolojik düzelme
Bersten 1991	AKPÖ	CPAP	↓	↔	Evet
Wysocki 1995	ASY	ACV	↔	↔	?
Mehta 1997	AKPÖ	IPAP + EPAP	↔	↔	Evet
Antonelli 1998	AHSY	PSV + CPAP	↓	↔	Evet
Wood 1998	ASY, AHSY	IPAP + EPAP	↔	↔	Hayır
Jiang 1999	Postekstübasyon	IPAP + EPAP	↔	↔	?
Antonelli 2000	ASY transplant	PSV + PEEP	↓	↓	Evet
Martin 2000	ASY, AHSY	IPAP + EPAP	↓	↔	?

NPPV: Noninvaziv pozitif basınçlı ventilasyon, AHSY: Akut hiperkapnik solunum yetmezliği, CPAP: "Continuous Positive Airway Pressure", IPAP: "Inspiratory Positive Airway Pressure", EPAP: "Expiratory Positive Airway Pressure", PSV: "Pressure Support Ventilation", PEEP: "Positive End-Expiratory Pressure", ASY: Akut solunum yetmezliği, AKPÖ: Akut kardiyojenik pulmoner ödem, ACV: Asist kontrol ventilasyon.

solunum yetmezlikli 40 hastayı NPPV veya standart tedavi uygulanması şeklinde randomize etmişlerdir. Bu çalışmada NPPV uygulanan hastaların entübasyon gereksiniminin azaldığı ve yoğun bakım mortalitesinin daha düşük olduğu gözlenmiştir (NPPV %20, standart tedavi %50). Hastane mortalitesi aynı bulunmuştur. İnfeksiyöz komplikasyonlar NPPV yapılan grupta daha az bulunmuştur^[80].

Fransa'dan Hilbert ve arkadaşları, yarıstandan fazlasında hematolojik malignite olan immünsüpresif, akciğer infiltrasyonlu ve akut solunum yetmezlikli 52 hastayı konvansiyonel tedavi veya NPPV uygulanması şeklinde randomize etmişlerdir^[81]. Entübasyon 12/26, 20/26, yoğun bakım mortalitesi 10/26, 18/26 oranlarında NPPV uygulanan grupta daha az bulunmuştur. Bu çalışmalardan sonra immünsüpresif hasta popülasyonunda akut solunum yetmezliğinde NPPV ön planda tercih edilir hale gelmiştir.

Entübasyonu istenmeyen hastalar: Meduri ve arkadaşları, entübasyon istenmediği için NPPV uygulanan 26 hastada %50 üzerinde başarı elde edildiğini göstermişlerdir^[82]. Hastalara bir akut olayı geri döndürmek amacıyla ve yaşamı desteklemek amacıyla kullanıldığı açıklanırsa kullanılabilir. NPPV dispneyi azaltıp, hasta otonomisine ve iletişimasyonuna izin vereceği için terminal hastalarda kullanılabilir. Ancak ölüm süresini uzatıp, kaynakların uygunsuz kullanımına yol açabileceği için bu amaçla kullanımı tartışmalıdır^[83].

Postoperatif hastalar: Pennock ve arkadaşları, BiPAP cinsi bir cihazla uygulanan nazal ventilasyonun, ameliyat sonrası solunum sıkıntısı geliştiğinde, 22 hastalık bir seride reentübasyonu %73 oranında azalttığını göstermişlerdir^[51]. Matte ve arkadaşları, "by-pass" ameliyatı sonrası NPPV'nin CPAP veya solunum fizyoterapisinden üstün olduğunu rapor etmişlerdir^[84]. Joris ve arkadaşları da gastroplastisi sonrası, morbid obez hastalarda 12/4 BiPAP basınçları ile uygulanan yüz maskesinin, pulmoner disfonksiyonu önemli ölçüde azalttığını göstermişlerdir^[85].

Fransa'dan bir cerrahi yoğun bakım ünitesinde, akciğer rezeksiyonu sonrası yoğun bakımda solunum sıkıntısı oluşan 48 hasta standart yaklaşım veya NPPV uygulanması şeklinde randomize edilmiştir. Standart grupta 12/24 hastada entübasyona gerek duyulurken, NPPV

uygulanan grupta 5/24 hastada entübasyon gerekmiştir. Mortalite NPPV uygulanmayanlarda 9/24 olurken, NPPV uygulanan grupta 3/24 olmuştur. Göğüs cerrahisi sonrası gelişen akut solunum yetmezliğinde NPPV etkili ve güvenilir bulunmuştur^[86].

"Weaning" kolaylaştırılması: İlk defa Ud-wadia ve arkadaşları, invaziv MV'den ayrılmayan hastaların, ekstübasyon sonrası kısa süreli NPPV ile desteklendiklerinde daha hızlı "wean" olduklarını göstermişlerdir^[87]. Restrict ve arkadaşları, bu uygulamayı translarengeal tüpü olan hastalara genişletmişler ve 13/14 hastada başarılı olmuşlardır^[88]. Bu gibi çalışmalar sonrasında Nava ve arkadaşları, prospektif ve randomize olarak "weaning"i incelemişlerdir^[17]. Akut solunum yetmezliği nedeni ile entübe edilmiş 50 KOAH'lı t-parça deneyini geçemezlerse standart "weaning" ve hemen ekstübasyon ve NPPV uygulanması şeklinde randomize edilmişlerdir. NPPV uygulanan grup %88 "wean" olurken, standart yaklaşım yapılan hastaların %68'i "wean" edilebilmiştir. MV süresi (10.2 ve 16.6 gün), yoğun bakımda kalış süresi (15.1 ve 24 gün), NPPV uygulanan grupta daha kısa olmuş, 60 günde sağkalım süresi %72'den %92'ye çıkmıştır. Nozokomial pnömoni 7 kontrol hastasında gözlenirken, NPPV uygulanan hiçbir hastada görülmemiştir. Benzer bir araştırmada Girault ve arkadaşları, 33 kronik üzeri akut solunum yetmezlikliyi, 2 saatlik t-tüp deneyimi sonrası invaziv MV devamı veya noninvaziv tedavi uygulanan gruplara ayırmışlardır. NPPV uygulanan grubun endotrakeal entübasyon süresi daha kısa olmuştur (4.6 ve 7.7. gün). Total MV süresi NPPV uygulanan grupta daha uzun olmuştur.

Gregorette ve arkadaşları, standart ekstübasyon kriterlerine uymadan ekstübe edilerek NPPV uygulanan 22 travma hastasından 13 (%59)'ünün yeniden entübasyon gerektirmeden spontan solunuma geçtiğini gözlemişlerdir^[89].

Bu çalışmalar sonrasında, kooperatif, sekresyonlarını atabilen, entübasyonu zor hastalar dışında bu yaklaşım uygulanabilir denilmektedir, ancak muhtemel etik ve medikolegal sonuçlar da gözardı edilmemelidir.

Ekstübasyon sonrası solunum sıkıntısı olan hastalar reentübe edildiklerinde, morbidite ve mortalite oranları daha yüksek olmaktadır^[90]. KOAH, akut pulmoner ödem, glottik şişmeye

bağlı artmış üst hava yolu dirençli hastalarda ekstübasyon sonrası solunum sıkıntısı olduğunda NPPV kullanımı uygundur gibi gözükmektedir.

“BRITISH THORACIC SOCIETY (BTS)”, NIMV KULLANMA ÖNERİLERİNİN ÖZETİ

• Akut hiperkapnik solunum yetmezliği (AHSY)’nde, özellikle KOAH’a bağlı AHSY’de NIMV etkinliği ispatlanmıştır. Bu tür hastaları yatıran bütün hastanelerde NIMV hizmeti 24 saat verilebilmelidir.

• İnvaziv ventilasyon ve trakeal entübasyon endike olduğu zaman, NIMV, bunun yerine kullanılmamalıdır.

• NIMV’nin faydası özellikle solunumsal asidozu olan ($\text{pH} < 7.35$) hastalarda gösterilmiştir. Akut solunum sıkıntısı ile gelen hastaların çoğunda arteryel kan gazları ölçülmelidir ve NIMV başlanmadan önce arteryel kan gazlarını bilmek başarı için kritik önemdedir.

• AHSY’li hastaların çoğu maksimal medikal tedavi ve uygun oksijen tedavisi ile hızlı bir iyileşme gösterir. Böyle bir tedavi uygulandıktan kısa bir süre sonra arteryel kan gazlarına tekrar bakıp, NIMV gerekliliği değerlendirilmelidir.

• Nöromusküler hastalıklı, göğüs deformiteli, obez ve akut konfüzyonlu hastalar bariz nefes darlığı göstermeden solunum yetmezliği içinde olabilirler; bu nedenle, bu hastalarda arteryel kan gazları daha erken dönemde değerlendirilmelidir.

Ventilatörler

• AHSY’de NIMV verebilmek için çok çeşitli ventilatörler kullanılmıştır, lokal deneyim kullanılacak ventilatörü belirler. Mümkünse, eğitimi kolaylaştırmak amacıyla bir klinik bölgede, tek model ventilatör kullanılmalıdır.

• “Bi-level” (çift-seviyeli) basınç destek ventilatörlerin kullanımı kolaydır, ucuzdur, mevcut diğer ventilatörlerden daha esnektir; NIMV randomize kontrollü çalışmaların çoğunda kullanılmışlardır ve akut NIMV kurarken bulundurulması önerilir.

• Tam donanımlı akut NIMV servisi kurmak isteyen ünitelerde volüm kontrollü ventilatörler de bulunmalıdır.

Bağlantılar

• Değişik boylarda nazal ve yüz maskesi ve burun yastığı NIMV uygulaması için bulunmalıdır.

• AHSY’de nazal ve tam yüz maskeleri başarı ile kullanılmıştır. Akut hastalarda, ilk olarak tam yüz maskesi uygulanmalıdır, hasta düzelirse 24 saat sonra nazal maskeye geçilebilir.

Endikasyonlar

• NIMV, başarısızlığa uğranıldığında hemen trakeal entübasyona geçmek şartıyla bir deneme tedavisi amacıyla uygulanabilir, trakeal entübasyon endikasyonu yoksa tedavinin en son basamağı olarak da uygulanabilir (terminal hastalarda veya immünsüpresif grupta). NIMV başlanmadan trakeal entübasyon endikasyonu olup olmadığı kıdemli yoğun bakım sorumlusu ile tartışılmalı ve bu konuda dosyaya not konmalıdır.

• NIMV, KOAH akut alevlenmede, kontrollü oksijen ve maksimal medikal tedavi sonrası $\text{pH} < 7.35$ altında devam ediyorsa düşünülmelidir.

• Kardiyojenik pulmoner ödemli hastalarda maksimal medikal tedavi sonrası hala hipoksemi devam ediyorsa CPAP’ın faydalı olduğu gösterilmiştir. NIMV, CPAP’ın başarısız olduğu hastalarda uygulanmalıdır.

• Göğüs duvarı deformitesine veya nöromusküler hastalığa bağlı kronik hiperkapnik solunum yetmezliği üzerinde akut solunum yetmezliği oluştuysa NIMV endikedir.

• Dokümanite obstrüktif uyku apnede CPAP ve NIMV başarı ile uygulanmıştır. Direkt bir karşılaştırma olmamakla beraber, solunumsal asidoz mevcutsa NIMV (“bi-level” basınç desteği şeklinde) uygulanmalıdır.

• Yüksek akım oksijen ve bölgesel lokal anesteziye rağmen hipoksemisi devam eden göğüs travması hastalarında CPAP kullanılmalıdır. NIMV rutin olarak kullanılmamalıdır.

• Göğüs travması hastalarında pnömotoraks riski yüksek olduğundan, CPAP veya NIMV uygulandığında hasta yoğun bakımda monitörize edilmelidir.

• Akut pnömonili ve yüksek akım oksijene rağmen hipoksemik kalan hastaların çoğunda entübasyon gereklidir. Bu hastalarda CPAP veya NIMV sadece yoğun bakım ünitesinde uygulanmalıdır.

• Maksimal medikal tedaviye rağmen hipoksemik kalan yaygın pnömonili hastalarda CPAP oksijenizasyonu düzeltir. Hastada hiper-

kapni gelişirse NIMV trakeal entübasyona alternatif olarak uygulanabilir. NIMV başarısız olduğunda entübe edilmesi gereken bu hastalara NIMV, yoğun bakım ünitesinde uygulanmalıdır.

- NIMV akut astımda rutin olarak kullanılmamalıdır.

- Bronşiektazinin akut bir alevlenmesi varsa ve pH < 7.35 ile seyreden bir solunum yetmezliği mevcutsa NIMV denenebilir, ancak aşırı sekresyonlar başarıyı kısıtlayabilir, bu nedenle bronşiektazide rutin olarak kullanılmamalıdır.

- NIMV birçok diğer durumlarda denenmiştir (ARDS, postoperatif ve posttransplant solunum yetmezliği gibi) ve entübasyon oranlarını, yoğun bakımda kalış süresini, mortaliteyi azaltmıştır. Bu hastalarda da başarısızlık durumunda entübasyon gerekeceğinden NIMV hastalara yoğun bakım ünitesinde uygulanmalıdır.

- NIMV hastaları invaziv ventilasyondan “wean” ederken başarı ile kullanılmıştır, konvansiyonel “weaning” stratejileri başarısız olduğunda kullanılmalıdır.

Kontrendikasyonları

- NIMV yeni bir fasiyal veya üst hava yolu cerrahisinden sonra, yanık ve travma gibi yüz anormallliği olduğunda, üst hava yolunun fiks obstrüksiyonu olduğunda ya da hasta kusuyorsa kullanılmamalıdır.

- NIMV kontrendikasyonları arasında üst gastrointestinal cerrahi, hava yolunu koruyamama, aşırı solunum sekresyonları, yaşamı tehdit eden hipoksemi, ciddi eş-hastalık, konfüzyon/ajitasyon ve bağırsak obstrüksiyonu sayılabilir. Gerektiğinde hemen entübasyon uygulanabilecekse veya hastaların entübe edilmesi düşünülmüyorsa bu hastalarda NIMV denenebilir.

- NIMV pnömotoraks varlığında başarı ile kullanılabilir, ancak pnömotorakslı hastaların çoğunda NIMV uygulanmadan göğüs tüpü takılmalıdır.

Monitörizasyon

- Hastanın klinik değerlendirilmesinde, konforu, bilinç seviyesi, göğüs duvarı hareketi, yardımcı solunum adale kullanımı, solunum eforunun ventilatör ile koordinasyonu, solunum sayısı ve kalp hızı değerlendirmeye alınmalıdır. NIMV

alan hastalarda bu parametreler, tedaviye yanıtı değerlendirmek ve ventilatör ayarlarını en uygun şekilde getirmek için sıklıkla gözden geçirilmelidir.

- Arteriyel kan gazı ölçümüne hastanın klinik gidişine göre karar verilir, ancak NIMV uygulanan hastaların çoğunda 1-2 saat sonra bakılmalıdır, ilk örnekte çok az bir düzelme varsa bir dahaki örnek 4-6 saat sonra alınmalıdır. Bu süre sonunda PaCO₂ ve pH'ta, en iyi ventilatör ayarlarına rağmen düzelme yoksa NIMV'ye son verip invaziv ventilasyon düşünülmalıdır.

- NIMV başladıktan sonra ilk 24 saatte oksijen saturasyonu sürekli monitörize edilmelidir ve saturasyonu %85-90 arası tutacak şekilde oksijen verilmelidir.

- İlaçlar, beslenme ve fizyoterapi için NIMV'ye ara verilmelidir. NIMV'den ilk birkaç saat içinde fayda gören hastalar ilk 24 saatte mümkün olduğu kadar uzun süre, düzeline kadar, ventilatöre bağlı kalmalıdır.

- AHSY nedeniyle NIMV uygulanan tüm hastalara taburcu edilmeden arteriyel kan gazları ve spirometre uygulanmalıdır.

- Spinal kord lezyonlu, nöromusküler hastalıklı, göğüs duvarı deformiteli veya morbid obeziteli AHSY geliştiren tüm hastalar evde uzun süreli ventilatör bakımı verebilecek bir merkeze refere edilmelidir.

Akut NIMV Servisinin Kurulması

- Uygun eğitilmiş belirlenmiş bir konsültan NIMV servisinin tüm sorumluluğunu üstlenmelidir. Bu genellikle bir göğüs hastalıkları uzmanı olacaktır.

- NIMV, yoğun bakım ünitesinde, ara yoğun bakımda veya normal serviste uygulanabilir. Ancak bütün hastanelerde bu servisin uygulanabileceği, deneyimli personele sahip, ayrı bir yer ayrılmalıdır, hastalar bu bölgeye minimal zaman kaybı ile transfer edilebilmelidir.

- Hastanın NIMV ile tedavi edildiği hastane bölümünde, hastanın klinik durumu ve NIMV başarısız olduğunda hastanın entübe edilip edilmeyeceği gözönünde bulundurulmalıdır. Başlangıçta ciddi asidozu olanlar (pH < 7.30) ve 1-2 saatlik NIMV'den sonra arteriyel kan gazlarında ve klinik durumunda iyileşme göstermeyenler yoğun bakım ünitesinde tedavi edilmelidir.

• AHSY'nin nedeni, pnömoni, ARDS, astım gibi NIMV'nin rolünün henüz açıklığa kavuşmadığı bir durumsa NIMV, entübasyonun hemen yapılabileceği yoğun bakım ünitesi gibi bir yerde yapılmalıdır.

• Nöbetteki ekip için, NIMV'nin endikasyonlarını, tedavinin nasıl başlanacağını, hasta takibinde daha sonra kimin sorumlu olacağını belirten açık bir protokol bulunmalıdır.

• Eğitilmiş yoğun bakım ekibi ve diğer doktorlar, fizyoterapistler, solunum terapistleri, hemşireler, başarıyla NIMV'yi başlatıp yürütebilirler. Akut NIMV servisi kurarken, NIMV'yi hemşirelerin başlatıp tedaviyi götürmeleri önerilir.

• Akut NIMV servisinde çalışan tüm personel temel eğitim almalıdır. NIMV eğitimi göğüs hastalıkları uzmanları ve ilgilenen diğer uzmanlar için mevcut olmalı ve uzmanlık eğitiminin bir parçası olmalıdır.

• NIMV servisinin kurulabilmesi için eğitim programı, teorik bilgiyi ve klinikte deneyimin gözlenmesi sürecini kapsamalıdır.

• Akut solunum yetmezliğinde NIMV uygulanması sürekli denetlenmelidir. NIMV uygulanan hastalarda data toplanmasına ilave olarak AHSY ile başvuran hastaların sayısı ve bunların ne kadarına invaziv MV uygulandığı da belirtilmelidir.

İnfeksiyon Kontrolü ve Ekipman Güvenliği

• Yeniden kullanılabilir maske ve ekshalasyon valfleri parçalarına ayrıldıktan sonra, otomatik yıkama/dezenfeksiyon/kuruma makinelerinde tekrar kullanıma kazandırılmalıdır.

• Ventilatörlerin bakımı ve elektrik güvenliği üreticinin önerisine göre, en azından yılda bir yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Drinker P, Shaw LA. An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: I. Design for adults and children. *J Clin Invest* 1929;7:229-47.
2. Eve FC. Actuation of the inert diaphragm. *Lancet* 1932;2:995-7.
3. Wright J. The respiraid rocking bed in poliomyelitis. *Am J Nurs* 1947;47:454-5.
4. Adamson JP, Lewis L, Stein JD. Application of abdominal pressure for artificial respiration. *JAMA* 1959;169:1613-7.

5. Lanssen HCA. The epidemic of poliomyelitis in Copenhagen, 1952. *Proc R Soc Med* 1954;47:67-71.
6. Barach AL, Martin J, Eckman M. Positive pressure respiration and its application to the treatment of acute pulmonary edema. *Ann Intern Med* 1938;12:754-95.
7. Motley HL, Lang LP, Gordon B. Use of intermittent positive pressure breathing combined with nebulisation in pulmonary disease. *Am J Med* 1948;5:853-6.
8. The Intermittent Positive Pressure Breathing Trial Group. Intermittent positive pressure breathing therapy of chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med* 1983;99:612-20.
9. Alba A, Khan A, Lee M. Mouth IBBV for sleep. *Rehabilitation Gazette* 1984;24:47-9.
10. Sullivan CE, Issa FG, Berthon-Jones M, Eves L. Reversal of obstructive sleep apnea by continuous positive airway pressure applied through the nares. *Lancet* 1981;1:862-5.
11. Rideau Y, Gatin G, Bach J, Gines G. Prolongation of life in Duchenne's muscular dystrophy. *Acta Neurol Belg* 1983;5:118-24.
12. Bach JR, Alba AS. Management of chronic alveolar hypoventilation by nasal ventilation. *Chest* 1990;97:52-72.
13. Kerby GR, Mayer LS, Pingleton SK. Nocturnal positive pressure ventilation via nasal mask. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:738-40.
14. Ellis ER, Bye PT, Bruderer JW, Sullivan CE. Treatment of respiratory failure during sleep in patients with neuromuscular disease: Positive-pressure ventilation through a nose mask. *Am Rev Respir Dis* 1987;135:148-52.
15. Pingleton SK. Complications of acute respiratory failure. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:1463-93.
16. Antonelli M, Conti G, Rocco M, et al. A comparison of noninvasive positive pressure ventilator and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 1998;339:429-35.
17. 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 study. *Ann Intern Med* 1998;128:721-8.
18. Nourdine K, Compes P, Carton MJ, Beuret P, Canamela C, Ducreux JC. Does noninvasive ventilation reduce the ICU nosocomial infection risk? A prospective clinical survey. *Intensive Care Med* 1999;25:567-73.
19. Navalesi P, Fanfulla F, Frigeiro P, Gregoretti C, Nava S. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic respiratory failure. *Chest* 2000;28:1785-90.
20. Katz JA, Marks JD. Inspiratory work with and without continuous positive airway pressure in patients with acute respiratory failure. *Anesthesiology* 1985;63:598-607.

21. Rasanen J, Vaisanen IT, Heikkila J, Nikki P. Acute myocardial infarction complicated by left ventricular dysfunction and respiratory failure. *Chest* 1985;87:158-62.
22. Fessler HR, Brower R, Wise R, Permutt S. Mechanism of reduced LV afterload by systolic and diastolic positive pleural pressure. *J Appl Physiol* 1988;65:1244-50.
23. Petrof BJ, Legere M, Goldberg P, Milic-Emili J, Gottfried SB. Continuous positive airway pressure reduced work of breathing and dyspnea during weaning from mechanical ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1990;141:281-9.
24. Goldberg P, Reissmann H, Maltais F, Ranieri M, Gottfried SB. Efficacy of noninvasive CPAP in COPD with acute respiratory failure. *Eur Respir J* 1995;8:1894-900.
25. de Lucas P, Tarancon C, Puente L, Rodrigues C, Tattay E, Monturiol JM. Nasal continuous positive airway pressure in patients with COPD in acute respiratory failure. *Chest* 1993;104:1694-7.
26. Miro AM, Shivaram U, Hertig I. Continuous positive airway pressure in COPD patients in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 1993;103:266-8.
27. Jubran A, Van de Graffe 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;152:129-36.
28. Bunburaphong T, Imaka H, Nishimura M, Hess D, Kacmarek RM. Performance characteristics of bi-level pressure ventilators: A lung model study. *Chest* 1997;111:1050-60.
29. Ferguson GT, Gilmartin M. CO₂ rebreathing during BIPAP ventilatory assistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1126-35.
30. Younes M, Puddy A, Roberts D, et al. Proportional assist ventilation: Results of an initial clinical trial. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:121-9.
31. Spitzer SA, Fink G, Mittelman M. External high-frequency ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1993;104:1698-701.
32. Abd AG, Braun NMT, Baskin MI, O Sullivan MM, Alkatis DA. Diaphragmatic dysfunction after open heart surgery: Treatment with a rocking bed. *Ann Intern Med* 1991;111:881-6.
33. Hill NS. Use of rocking bed, pneumobelt, and other noninvasive aids to ventilation. In: Tobin MJ (ed). *Principles and Practices of Mechanical Ventilation*. New York: Mc Graw Hill, 1994:413-25.
34. Bach JR, O'Connor K. Electrophrenic ventilation: A different perspective. *J Am Paraplegia Soc* 1991;14:9-17.
35. Bach JR. Mechanical insufflation-exsufflation: Comparison of peak expiratory flows and manually assisted and unassisted coughing techniques. *Chest* 1993;104:1553-62.
36. Bach JR. Update and perspective on noninvasive respiratory muscle aids. Part 2: The expiratory aids. *Chest* 1994;105:1538-44.
37. 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.
38. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation, state of the art. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:540-77.
39. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure, BTS guideline. *Thorax* 2002;57:192-211.
40. Rasanen J, Heikkila J, Downs J, et al. Continuous positive airway pressure by face mask in acute cardiogenic pulmonary edema. *Am J Cardiol* 1985;55:296-300.
41. Lin M, Chiang H. The efficacy of early continuous positive airway pressure therapy in patients with acute cardiogenic pulmonary edema. *J Formos Med Assoc* 1991;90:736-43.
42. 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.
43. Greenbaum DM, Millen JE, Eross B, et al. Continuous positive airway pressure without tracheal intubation in spontaneously breathing patients. *Chest* 1976;69:615-21.
44. Hurst JM, De Haven CB, Branson RD. Use of CPAP mask as the sole mode of ventilatory support in trauma patients with mild to moderate respiratory insufficiency. *J Trauma* 1985;25:1065-8.
45. Gottfried SB. The role of PEEP in the mechanically ventilated COPD patients. In: Marini JJ, Roussos C (eds). *Ventilatory Failure*. Berlin: Springer-Verlag, 1991:392-418.
46. Corrado A, Confalonieri M, Marchese S, et al. Iron lung vs mask ventilation in the treatment of acute on chronic respiratory failure in COPD patients. *Chest* 2002;121:189-95.
47. Carrey Z, Gottfried SB, Vevy RD. Ventilatory muscle support in respiratory failure with nasal positive pressure ventilation. *Chest* 1990;97:150-8.
48. 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;95:865-70.
49. Meduri GU, Conoscenti CC, Menashe P. Noninvasive face mask ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest* 1989;95:865-70.
50. Elliott MW, Steven MH, Phillips GD. Noninvasive mechanical ventilation for acute respiratory failure. *BMJ* 1990;300:358-60.
51. Pennock BE, Kaplan PD, Carlin BW, et al. Pressure support ventilation with a simplified ventilatory support system administered with a nasal mask in patients with respiratory failure. *Chest* 1991;100:1371-6.

52. Meduri GU, Abou-Shala N, Fox RC, et al. Noninvasive face mask mechanical ventilation in patients with acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 1991;100:445-54.
53. Marino W. Intermittent volume cycled mechanical ventilation via nasal mask in patients with respiratory failure due to COPD. *Chest* 1991;99:681-4.
54. Chevrolet JC, Jolliet P, Abajo B, et al. Nasal positive pressure ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest* 1991;100:775-82.
55. Waldhorn RE. Nocturnal nasal intermittent positive pressure ventilation with bi-level positive airway pressure (BiPAP) in respiratory failure. *Chest* 1992;101:516-21.
56. Fernandez R, Blanch LI, Valles J, et al. Pressure support ventilation via face mask in acute respiratory failure in hypercapnic COPD patients. *Intensive Care Med* 1993;19:456-61.
57. Conway JH, Hitchcock RA, Godfrey RC, et al. Nasal intermittent positive pressure ventilation in acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: A preliminary study. *Respir Med* 1993;87:387-94.
58. Confalonieri M, Aiolfi S, Gandola L, et al. Severe exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease treated with BiPAP by nasal mask. *Respiration* 1994;61:310-6.
59. Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, et al. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask. *Chest* 1996;109:179-93.
60. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 1995;338:817-22.
61. 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.
62. 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;114:1636-42.
63. 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;161:807-13.
64. Bott J, Carroll MP, Conway JH, et al. Randomized controlled trial of nasal ventilation in acute ventilatory failure due to chronic obstructive airways disease. *Lancet* 1993;341:1555-7.
65. Barbe F, Togores B, Rubi M. Noninvasive ventilatory support does not facilitate recovery from acute respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 1996;9:1240-5.
66. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. Early use of noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: A multicenter randomized controlled trial. *Lancet* 2000;355:1931-5.
67. Angus RM, Ahmed AA, Fenwick LJ, et al. Comparison of the acute effects on gas exchange of nasal ventilation and doxapram in exacerbations chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1996;51:1048-50.
68. Keenan SP, Kernerman PD, Cook DJ, et al. The 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.
69. Meduri GU, Cook TR, Turner RE, et al. Noninvasive positive pressure ventilation in status asthmaticus. *Chest* 1996;110:767-74.
70. Bach JR. Conventional approaches to managing neuromuscular ventilatory failure. In: Bach JR (ed). *Pulmonary Rehabilitation: The Obstructive and Paralytic Conditions*. Philadelphia: Henley & Belfus, 1996:285-301.
71. Finlay G, Conconnon D, McDonnell TJ. Treatment of respiratory failure due to kyphoscoliosis with nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV). *Ir J Med Sci* 1995;164:28-30.
72. Sacchetti A, Ramoska E, Moakes ME, et al. Effect of ED management on ICU use in acute pulmonary edema. *Am J Emerg Med* 1999;17:571-4.
73. Mehta S, Jay GD, Woolard RH, et al. Randomized prospective trial of bi-level versus continuous positive airway pressure in acute pulmonary edema. *Crit Care Med* 1997;25:620-8.
74. Pang D, Keenan SP, Cook DJ, et al. The effect of positive pressure airway support on mortality and the need for intubation in cardiogenic pulmonary edema. *Chest* 1998;114:1185-92.
75. Confalonieri M, Ptena A, Carbone G, et al. Acute respiratory failure in patients with severe community-acquired pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:1585-91.
76. Wysocki M, Tric L, Wolff MA, et al. Noninvasive pressure support ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest* 1993;103:907-13.
77. 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.
78. 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.
79. Conti G, Marino P, Cogliati A, et al. Noninvasive ventilation for the treatment of acute respiratory failure in patients with hematologic malignancies: A pilot study. *Intensive Care Med* 1998;24:1283-8.
80. Antonelli M, Conti C, Bui M, et al. Noninvasive ventilation for treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation. *JAMA* 2000;283:235-41.
81. 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.

82. Meduri GU, Fox RC, Abou-Shala N, et al. Noninvasive mechanical ventilation via face mask in patients with acute respiratory failure who refused endotracheal intubation. *Crit Care Med* 1994;22:1584-90.
83. Clarke DE, Vaughn L, Raffin TA. Noninvasive positive pressure ventilation for patients with terminal respiratory failure: The ethical and economic cost of delaying the inevitable are too great. *Am J Crit Care* 1994;3:4-5.
84. Matte P, Jacquet L, Van Dyck M, et al. Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and noninvasive ventilatory support with bi-level positive airway pressure after coronary artery by-pass grafting. *Acta Anaesthesiol Scand* 2000;44:75-81.
85. Joris JL, Sottiaux TM, Chiche JD, et al. Effect of bi-level positive airway pressure (BiPAP) nasal ventilation on the postoperative pulmonary restrictive syndrome in obese patients undergoing gastroplasty. *Chest* 1997;111:665-70.
86. Auriant I, Jallot A, Herve P, et al. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:1231-5.
87. Udwardia ZF, Santis GK, Stevan MH, et al. Nasal ventilation to facilitate weaning in patients with chronic respiratory insufficiency. *Thorax* 1992;47:715-8.
88. Restricker LJ, Scott AD, Ward EM, et al. Nasal intermittent positive pressure ventilation in weaning intubated patients with chronic respiratory disease from assisted intermittent positive pressure ventilation. *Respir Med* 1993;87:199-204.
89. Gregoretti C, Beltrame F, Lucangelo O, et al. Physiologic evaluation of noninvasive pressure support ventilation in trauma patients with acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 1998;24:785-90.
90. Epstein SK, Ciabotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on outcome of mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;112:186-92.