

# Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Nemlendirme

Meltem Şimşek, Serpil Öcal

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

## GİRİŞ

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

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

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

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

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

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

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

## NİV'de Nemlendirme ve Gelişimi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## NİV için Nemlendirici Kullanımı ve Etkileri

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

## NİV'de Nem Ölçme

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

## NİV'de Nemlendirme için Uygun Maske Seçimi

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

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

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

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

Ağız solunumu: AN kaybına neden olur.

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

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

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

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

## **10. Nemlendirici Tipleri**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Nemlendirici Ayarları

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

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

## Sonuç

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

### KAYNAKLAR

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



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

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

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

