

# Noninvaziv Mekanik Ventilasyonda Karbondiyoksit Rebreathing Etkileyen Faktörler

Ayşenur Soytürk

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

## GİRİŞ

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

## 1. Geri Solunma Mekanizması

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

## 2. Hastaya Ait Faktörler

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

## 3. Uygulamaya Ait Faktörler

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

### 4. I. Arayüzler

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

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

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

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

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

#### 4. II. Solunum Devresi

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

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

#### 4. III. Ventilatör Ayarları

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

**KAYNAKLAR**

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