

# Solunum Yetmezliğinde Oksijen Uygulama Sistemleri

## Oxygen Therapy Systems in Respiratory Failure

Ebru Ortaç Ersoy, Arzu Topeli

Hacettepe Üniversitesi Hastanesi, İç Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi, Ankara, Türkiye

**Yazar Katkıları:** Fikir - E.O.E.; Tasarım - E.O.E.; Denetleme - A.T.; Kaynaklar - E.O.E., A.T.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - E.O.E.; Analiz ve/veya Yorum - A.T.; Literatür Taraması - E.O.E.; Yazıyı Yazan - E.O.E.; Eleştirel İnceleme - A.T.

**Author Contributions:** Concept - E.O.E.; Design - E.O.E.; Supervision - A.T.; Resources - E.O.E., A.T.; Data Collection and/or Processing - E.O.E.; Analysis and/or Interpretation - A.T.; Literature Search - E.O.E.; Writing Manuscript - E.O.E.; Critical Review - A.T.

### Öz

Yaşam için vazgeçilmez bir molekül olan oksijen renksiz, tatsız, kokusuz bir gazdır. Oksijen tedavisi endikasyonunun, uygun hastaya doğru olarak konulması önemlidir. Oksijen tedavisi endikasyonları, akut ve uzun süreli oksijen tedavisi olmak üzere iki alt başlıkta incelenebilir. Akut veya kronik durumlarda oksijen destek ihtiyacı tespit edildikten sonra oksijen farklı sistemler ile uygulanabilir. Sistem seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterler; hipokseminin derecesi, hastanın sistemi tolere edebilmesi ve altta yatan hastalıktır. Oksijen; nazal kanül, basit yüz maskesi, rezervuarlı maske ve difüzör maske gibi yavaş akımlı sistemler (< 15 L/dk) ile veya ventüri maske ve yüksek akımlı nazal kanül gibi yüksek akımlı sistemler ile uygulanabilir. Bu derlemede amaç; solunum yetmezliği olan hastalarda oksijen uygulama sistemlerinin açıklanmasıdır.

**Anahtar kelimeler:** Oksijen tedavisi, düşük akım, yüksek akım, uzun süreli oksijen tedavisi, oksijen toksisitesi

**Geliş Tarihi:** 20.01.2017 **Kabul Tarihi:** 25.01.2017

**Hakem değerlendirmesi:** Bu makale Editörler Kurulu'nun davetiyle hazırlanmış ve bilimsel değerlendirmesi Editörler Kurulu tarafından yapılmıştır.

**Çıkar Çatışması:** Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

### Abstract

Oxygen, an essential molecule for life, is a colorless, tasteless, and odorless gas. It is important to put the right indication for oxygen therapy in the appropriate patient. Indications for oxygen therapy can be reviewed in two subsections: acute and long-term oxygen therapy. Oxygen can be administered via different systems after the need for oxygen support is determined in the acute or chronic settings. Degree of hypoxemia, patient's tolerance, and the underlying disease are the main criteria to be considered for the choice of delivery system. Oxygen can be delivered through low-flow systems (<15 L/min), such as nasal cannula, simple face mask, mask with a reservoir, and diffuser mask, or high-flow systems, such as venturi mask and high-flow nasal cannula. The aim of this review is to describe oxygen delivery systems in patients with respiratory insufficiency.

**Keywords:** Oxygen therapy, low flow, high flow, long-term oxygen treatment, oxygen toxicity

**Received:** 20.01.2017 **Accepted:** 25.01.2017

**Peer-review:** This manuscript was prepared by the invitation of the Editorial Board and its scientific evaluation was carried out by the Editorial Board.

**Conflict of Interest:** No conflict of interest was declared by the author.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

Yaşam için vazgeçilmez bir molekül olan oksijen renksiz, tatsız, kokusuz bir gazdır. Oksijen 1774'de Joseph Priestley tarafından keşfedilmiş bir moleküldür (1). Oksijenin keşfinden sonra solunum hastalıklarının tedavisinde kullanılması uzun bir zaman almıştır. Araştırmacılar sadece oksijeni keşfetmemiş aynı zamanda oksijenin yaşam için önemini de ortaya koymuşlardır. Oksijenin tedavide kullanımı ilk kez 20. yüzyılın başlarında solunum fizyoloğu John Scott Haldane tarafından yapılmıştır. Haldane oksijenin terapötik etkisini karbonmonoksit zehirlenmesi olan hastalarda denemiş ve solunum hastalıklarında kullanılabileceğini bildirmiştir (2, 3).

Deniz seviyesinde 760 mmHg atmosfer basıncında parsiyel oksijen basıncı (PO<sub>2</sub>) yaklaşık 159 mmHg'dir. Burunda nemlendikten sonra (su buharı basıncı 47 mmHg) trakeal havada yaklaşık 149 mmHg, alveolde ise gaz karışımı gerçekleştiği için karbondioksit gazının da bulunması nedeniyle 104 mmHg, arteryel kanda (PaO<sub>2</sub>) 100 mmHg, dokuda ve venöz kanda ise 40 mmHg olur. Alveolo-arteryel oksijen farkı 10-15 mmHg'yi geçmez. Hücresel fonksiyonların sürdürülebilmesi için mitokondride PO<sub>2</sub>'nin 18 mmHg'den yüksek olması gerekir (4) (Şekil 1).

Oksijen tedavisinin en sık endikasyonu hipokseminin önlenmesi ve tedavisi olmasına rağmen temel amaç doku hipoksisinin düzeltilmesidir. Tüm tedavi yöntemleri gibi, oksijen tedavisi endikasyonunun uygun hastaya doğru olarak konulması, sağlayacağı yararlar, ekonomik maliyet ve olası oksijen toksisite riski gibi nedenlerle çok önemlidir. Oksijen tedavisi endikasyonları akut ve uzun süreli oksijen tedavisi olmak üzere iki alt başlıkta incelenebilir (4, 5). Ani gelişen hipoksemi ve/veya hipoksi ile birlikte olan durumlarda, altta yatan neden kontrol altına alınıncaya kadar oksijen tedavisine ihtiyaç duyulabilir. Arteryel hipoksemi (arteryel oksijen saturasyonu (SaO<sub>2</sub>) <%90, PaO<sub>2</sub> <60 mmHg) durumunda, doku hipoksisinin meydana geldiği durumlarda, hipotansiyon, metabolik asidoz ve solunum sıkıntısı durumlarında akut oksijen tedavisi endikasyonu vardır. Akut oksijen tedavisi endikasyonları Tablo 1'de özetlenmiştir (4-7). Oksijen destek tedavisi için PaO<sub>2</sub> sınır değeri 60 mmHg olarak kabul edilir. Oksijen tedavisinde amaç PaO<sub>2</sub>'yi 60 mmHg ve SaO<sub>2</sub>'yi %90'ın üzerinde tutmaktır. Uzun süreli oksijen tedavisi (USOT), kronik hipoksemi ile seyreden kronik solunum yetmezliği bulunan hastalara uygulanır. Oksijen tedavisi ile hipoksemi düzeltilerek hipokseminin yol açtığı sorunlar

**Yazışma Adresi / Address for Correspondence:** Ebru Ortaç Ersoy, e.posta: ebru.ortac@hacettepe.edu.tr

DOI: 10.5152/dcbbyd.2017.1329

©Telif Hakkı 2016 Türk Dahili ve Cerrahi Bilimler Yoğun Bakım Derneği - Makale metnine www.dcyogunbakim.org web sayfasından ulaşılabilir.

©Copyright 2016 by Turkish Society of Medical and Surgical Intensive Care Medicine - Available online at www.dcyogunbakim.org

engellenebilmektedir. Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) olan hastalar USOT uygulanan en büyük hasta grubunu oluşturmaktadır (5).

Akut veya kronik durumlarda oksijen destek ihtiyacı tespit edildikten sonra oksijen farklı sistemler ile uygulanabilir. Sistem seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterler; hipokseminin derecesi, hastanın sistemi tolere edebilmesi ve altta yatan hastalıktır.

Oksijen; nazal kanül, basit yüz maskesi, rezervuarlı maskeler ve difüzör maskeler gibi yavaş akımlı sistemler (<15 L/dk akım hızı) ile ventüri maske ve yüksek akışlı nazal kanül (YANK) gibi yüksek akımlı sistemler ile uygulanabilir. Bu derlemede amaç; solunum yetmezliği olan hastalarda oksijen verme sistemlerinin açıklanmasıdır.

## DÜŞÜK AKIMLA OKSİJEN VEREN SİSTEMLER

Düşük akımlı sistemlerde hastanın dakika ventilasyonunun bir kısmı saf oksijen olarak karşılanır, kalan kısım oda havasından tamamlanır. Tidal volümdeki değişiklikler alınan oda havası miktarını etkilediği için bu sistemlerde sabit oksijen konsantrasyonun sağlanması mümkün değildir. Akut solunum yetmezliğinde dakika ventilasyonu artmış hastalarda yeterli oksijenizasyon düşük akımlı oksijen veren sistemler ile sağlanamayabilir (Tablo 2). Ayrıca sabit inspiratuar oksijen fraksiyonu (FiO<sub>2</sub>) ihtiyacı bulunan hastalarda (örneğin: kronik karbondioksit retansiyonu) dikkatli kullanılmalıdır. Oksijen ihtiyacı az olan ve stabil durumdaki hastalarda etkili oksijenizasyon sağlanması için kullanımı uygundur.

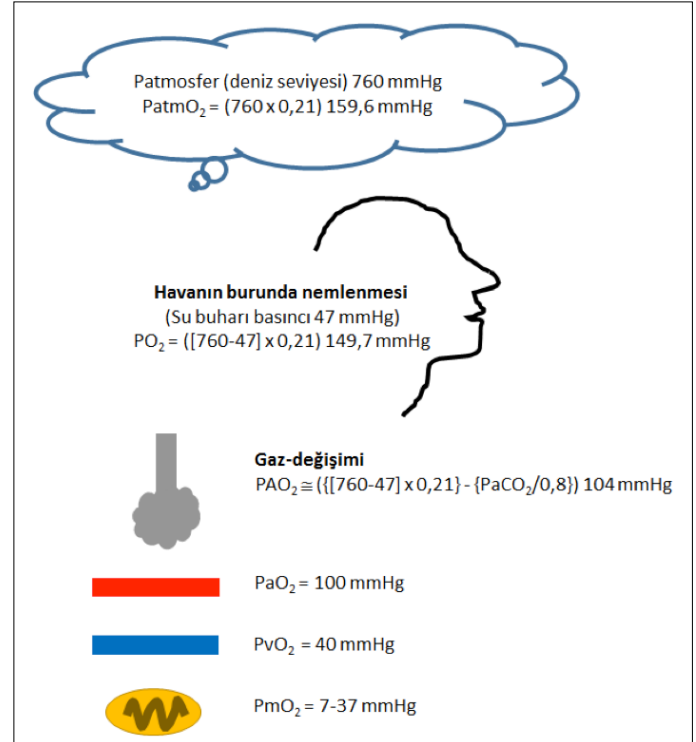
Düşük akımlı oksijen veren sistemlerden nazal kanül, nazal katater, basit yüz maskesi, rezervuarlı maske, difüzör maske ve transtrakeal katater aşağıda açıklanmıştır.

**Tablo 1. Akut oksijen tedavisi endikasyonları**

Arteriyel hipoksemi (SaO <sub>2</sub> <%90, PaO <sub>2</sub> <60 mmHg)
- Ventilasyon/perfüzyon bozukluğu (Pnömoni, ateletazi)
- Alveoler hipoventilasyon (İlaç aşırı dozları, nöromusküler hastalıklar)
- Şant (Pnömoni, pulmoner emboli)
Doku hipoksisi (Arteriyel hipoksemi olmadan)
- Miyokard enfarktüsü
- Düşük kardiyak debi durumları (Anemi, kalp yetmezliği, hipotansiyon, şok)
- Karbonmonoksit zehirlenmesi
- Kronik akciğer hastalıkları
Metabolik asidoz (pH < 7,30, bikarbonat < 18 mmol/L)
Solunum sıkıntısı (Solunum sayısı > 24/dk)

## Nazal kanül

Hastanın burun deliklerine yerleştirilen, iki açık ucu bulunan plastik veya kauçuk malzemeden yapılmış bir sistemdir. En sık kullanılan oksijen verme sistemidir. Hafif olması, yeme içme, konuşma ve öksürmeyi engellememesi nedeniyle hastalar tarafından kolay tolere edilir. Maliyetinin düşük olması avantajdır. Ancak, verilen oksijen miktarı sabit değildir. Hastanın dakika ventilasyonu, solunum sayısı, üst solunum yolu anatomisine göre hastaya uygulanan oksijen miktarı değişiklik gösterir. Oksijen akımındaki her 1 litre/dk artış FiO<sub>2</sub>'yi yaklaşık %4 oranında artırmaktadır (FiO<sub>2</sub> = %21+(4xO<sub>2</sub> akımı L/dk)) (Tablo 3).



**Şekil 1. Deniz seviyesinde 760 mmHg atmosfer basıncında parsiyel oksijen basıncı (PO<sub>2</sub>) yaklaşık 159 mmHg olup, havanın burunda nemlenmesinden sonra trakeal havada yaklaşık 149 mmHg, alveolde (PAO<sub>2</sub>) ise gaz karışımı ve karbondioksit gazının da bulunması nedeniyle 104 mmHg olur (PaCO<sub>2</sub> parsiyel arteriyel karbondioksit basıncı; 0,8 ise solunum işi karsayısıdır). Arteriyel kanda (PaO<sub>2</sub>) 100 mmHg, dokuda ve venöz kanda (PvO<sub>2</sub>) ise 40 mmHg olur. Mitokondri düzeyinde (PmO<sub>2</sub>) 7-37 mmHg'dir.**

**Tablo 2. Stabil kronik solunum yetmezliği ile akut solunum yetmezliği olan 2 örnek hastada 2 L/dk düşük akım oksijen uygulamanın etkileri**

	Kronik solunum yetmezliği	Akut solunum yetmezliği
Dakika ventilasyonu (solunum sayısı x tidal volüm)	20 solunum/dk x 500 mL = 10 L/dk	40 solunum/dk x 1000 mL = 40 L/dk
Uygulanan FiO <sub>2</sub>	2 L/dk oksijen tedavisi altında hasta, 10 L/dk olan dakikalık ventilasyonunun 2 L/dk'sini %100 FiO <sub>2</sub> , 8 L/dk'sini %21 FiO <sub>2</sub> olarak almaktadır.	2 L/dk oksijen tedavisi altında hasta, 40 L/dk olan dakikalık ventilasyonunun 2 L/dk'sini %100 FiO <sub>2</sub> , 38 L/dk'sini %21 FiO <sub>2</sub> olarak almaktadır.
Hastanın aldığı hesaplanan FiO <sub>2</sub>	[(2 x 1,00) + (8 x 0,21)] / 10 = 0,37	[(2 x 1,00) + (38 x 0,21)] / 40 = 0,25
Yorum	Kronik solunum yetmezliğinde olan 10 L/dk ventilasyonu olan hastaya 2 L/dk oksijen tedavisi %37 FiO <sub>2</sub> 'ye neden olmaktadır.	Aynı veya başka bir akut solunum yetmezliği olan hastada dakikalık ventilasyon 40 L/dk ise, 2 L/dk oksijen tedavisi sadece %25 FiO <sub>2</sub> 'ye neden olarak yeterli gelmemektedir.

Nazal kanüller ile 1-6 L/dk akım hızında oksijen verilebilir.  $FiO_2$  0,24-0,45 arasında değişir. Daha yüksek akımlarda verilen oksijen  $FiO_2$ 'yi %45'ten fazla arttırmaz ve özellikle 4 L/dk'dan daha yüksek akım hızlarında müköz membranlarda kuruma meydana gelebilir. Nemlendirme uygulanmalıdır.

### Nazal katater

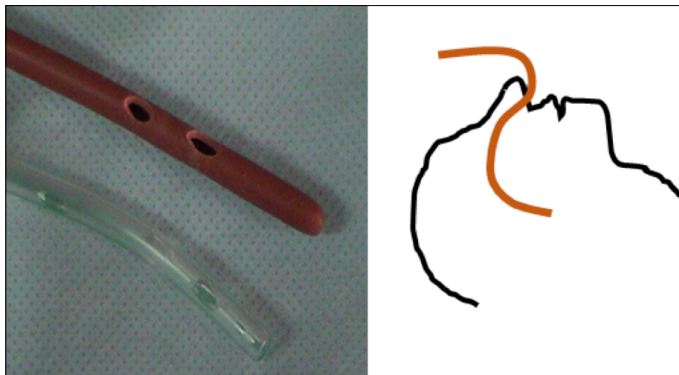
Burun girişinden orofarinkse kadar ilerletilen distal kısmında delikleri olan plastik kataterdir (Resim 1). Nazal kanülü tolere edemeyen, burunda kuruma ve kanama olan hastalarda uygulanabilir. İtilme mesafesi burun kanadı ile kulak memesi arası mesafedir. Her 8 saatte bir değiştirilmelidir, bu nedenle kullanımı pratik değildir. Her iki nazal pasaj dönüşümlü kullanılmalıdır. Epiglot refleksi iyi olmayan hastalarda verilen oksijen akımı özafagusa yönlendirilerek mide dilatasyonuna neden olabilir. Yüksek akımlarda kullanımı zordur, oksijen ihtiyacı daha az olan hastalarda tercih edilebilir (8-10).

### Basit oksijen maskesi

Ağız ve burunu kapatan %50-60'a kadar oksijen konsantrasyonu uygulanabilen maskelerdir. Ağız solunumu yapan hastalar için uygundur. Nazal kanül kullanımında olduğu gibi solunan oksijenin bir kısmı oda havasından sağlandığından  $FiO_2$  sabit değildir ve dakika ventilasyonundaki değişikliklerden etkilenir. Basit yüz maskeleri ile oksijen tedavisi sırasında maske içerisinde karbondioksit birikiminin önlenmesi için akım hızı en az 4-6 L/dk olacak şekilde ayarlanmalıdır. Verilebilecek en yüksek  $FiO_2$

**Tablo 3. Düşük akımla oksijen veren 4 sistemde akım hızına göre sağlanan inspiratuar oksijen fraksiyonu ( $FiO_2$ ) değerleri**

Akım hızı (L/dk)	$FiO_2$			
	Nazal kanül	Basit oksijen maskesi	Difüzör maske	Rezervuarlı maskeler
1	0,24		0,24-0,25	
2	0,28		0,27-0,32	
3	0,32			
4	0,36		0,34-0,40	
5	0,40	0,40		
6	0,44	0,40-0,50	0,42-0,48	0,60
7		0,50-0,60		0,70
8		0,60	0,49-0,55	0,80
9				> 0,80
10			0,53-0,65	> 0,80



**Resim 1. Nazal katater (Plasti-med®, Türkiye)**

%60'dır. Maskeler yeme, içme ve ekspektorasyona engel olabilir, uyku sırasında yerinden çıkabilir, bu konularda dikkatli olunmalıdır (10).

### Kısmi geri solunmalı ve geri solunmasız rezervuarlı yüz maskeleri

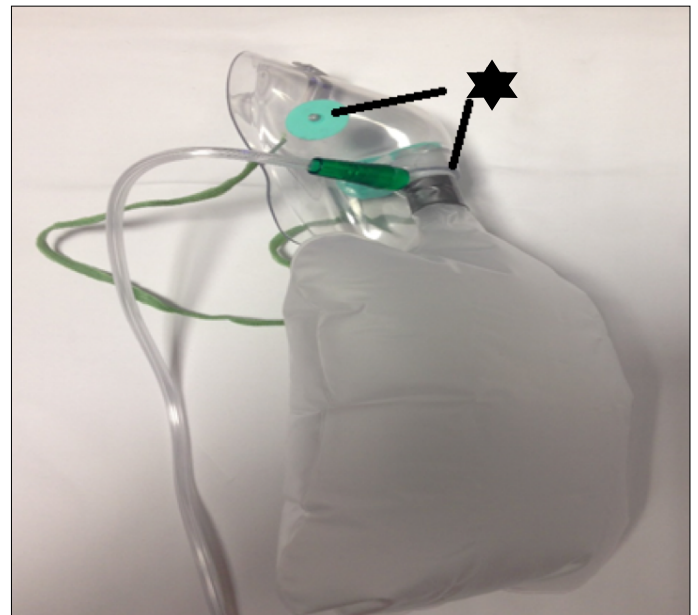
Trakeostomi, endotrakeal tüp gibi yapay solunum yolu olmayan hastalarda %60'ın üzerinde  $FiO_2$  gerektiğinde, yüz maskesine bir rezervuar (600-1000 mL) eklenerek  $FiO_2$  düzeyleri artırılabilir (Resim 2). Rezervuarda yeterli distansiyonun sağlanabilmesi ve karbondioksitin maskeden atılımı için en az 5-8 L/dk'lık akım hızı ile oksijen uygulanması gereklidir. Rezervuarda inspirasyonun havasını, ekspirasyon havasından ayıran tek yönlü bir valf yoksa cihaz kısmi geri solunmalı (parsiyel rebreathing) maske olarak adlandırılır. Bu maske hastanın ekspirasyon havasının bir kısmını tekrar solumasına izin verir, bu maske ile %80-85 konsantrasyonunda oksijen uygulanabilir. Oda havasının solunmasını engelleyen ve sadece rezervuardan solunuma izin veren tek yönlü valf varlığında maske geri solunmasız maske (non-rebreathing) olarak adlandırılır. Maske hastaya doğru uygulanır ve sıkı bir şekilde yerleştirilirse %100'e ulaşabilen  $FiO_2$  değerleri verilebilir (5).

### Difüzör maske

Düşük akımla oksijen veren sistemler içinde %24-90 arasında oksijen verebilen bir sistemdir. Akım hızı 1-15 L/dk arasında ayarlanabilir. Maske üzerinde bulunan açıklıklar sayesinde düşük akım hızlarında dahi karbondioksitin geri solunmasını engeller. Akım hızı 15 L/dk üzerine çıkarılsa bile intrensik pozitif end-ekspiratuar basınç (PEEP) oluşturmaz (10). Hem ağız hem burun solunumu yapan hastalar için uygundur. Oksijen tedavisi sırasında nazogastrik tüp takılması veya aspirasyon ile ağız bakımı yapılmasına izin verir. Üzerinde bulunan açıklıklar sayesinde aspirasyon riskini azaltabilir (Resim 3).

### Transtrakeal katater

Çeşitli nedenlerle nazal kanül veya maske uygulanamayan hastalara ince perkütan kataterlerle, ikinci ve üçüncü trakea aralığından içeri girilerek oksijen tedavisi uygulanabilir. Transtrakeal katater üst solunum yollarının ölü boşluğunu by-pass ederek oksijen dağılımını artırır. Üst



**Resim 2. Geri solunmasız rezervuarlı maske; ★ ile belirtilen tek yön valfler olmadığı zaman, geri solunmalı maske olarak adlandırılır (Plasti-med®, Türkiye)**



**Resim 3. Difüzör maske (Oxymask®, SOUTHMEDİC, KANADA)**

solunum yollarını ve trakeayı ekspiryum sonunda oksijen rezervuarı olarak kullanır. Oksijen tüketiminde azalma sağlar. Oksijen akımına bağlı burun ve yüz irritasyonuna neden olmaz, uyku sırasında yerinde sabit kalır. Ancak invaziv olarak yerleştirilmesi, artmış enfeksiyon riski, ciltaltı amfizem oluşabilmesi ve mukus tıkaç ile kolayca tıkanabilmesi kullanımını kısıtlamaktadır. Transtrakeal katater kullanımı daha çok uzun süreli oksijen tedavisinde tercih edilir, akut tedavide yeri yoktur. Dört L/dk'lık akım hızı ile yeterli oksijenizasyon sağlanabilir (11, 12).

## YÜKSEK AKIMLA OKSİJEN VEREN SİSTEMLER

Yüksek akımla oksijen veren sistemler hastanın anatomik ölü boşluğunu aşan hacimde bir rezervuar yardımı ile veya çok yüksek akımda oksijen uygulayarak, belirlenmiş  $FiO_2$  değerlerinde oksijen sağlayan sistemlerdir. Başlıca endikasyonları kontrollü  $FiO_2$  gereken hastalar ile solunum ihtiyacı düşük akımlı sistemler ile karşılanamayan solunum yetmezlikli hastalardır. Düşük akımla oksijen veren sistemler ile karşılaştırıldığında, bu sistemlerde inhale edilen gaz karışımı tamamen kontrol edilebilir ve solunumdaki değişikliklerden etkilenmeksizin sabit  $FiO_2$  sağlanabilir (13, 14). Ventüri maskesi ve YANK yüksek akımlı oksijen verme sistemleridir.

### Ventüri maske

Yüksek akımla oksijen veren sistemlerden en sık kullanılanı ventüri maskelerdir. Yüksek akımla çalıştıkları için sabit konsantrasyonda  $FiO_2$  verilebilir. Bu maskeler ile %24-50 oranında  $FiO_2$  verilebilmektedir. Basit maske ve oksijeni aktarmak üzere değişik oranlarda oksijen geçişine izin veren adaptörlerden oluşmaktadır (Resim 4). Adaptörler, hastanın verdiği soluğun bir kısmının dışarı çıkmasını sağlarken diğer kısmının tüpten gelen oksijenle karışarak hastaya geri verilmesini sağlar. Böylece sürekli ve aynı yoğunlukta oksijen uygulanmış olur. KOAH alevlenmelerinde olduğu gibi kontrollü ve sabit  $FiO_2$  ihtiyacı olan hastalar için %24-40 aralığında sabit  $FiO_2$  sağlanır. Ayrıca akut solunum yetmezliği gelişen ve oksijen ihtiyacı yüksek olan hastalara da sabit  $FiO_2$  sağladığı için uygulanması önerilir. Ancak en fazla  $FiO_2$  genelde %50 olarak kabul edilir ve daha yüksek  $FiO_2$  ihtiyacı olan hastalar için uygun değildir.



**Resim 4. Ventüri maskesi (Galemed Co®, Tayvan)**

### Yüksek akımlı nazal kanül

Yüksek akımlı nazal kanül özellikle kritik hastalarda kullanıma girmiş, bir hava ile oksijen karıştırıcı, aktif bir ısıtıcı nemlendirici, ısıtılmış tek bir devre ve nazal kanülden oluşan yüksek akımla oksijen veren bir sistemdir.  $FiO_2$ , hava oksijen karıştırıcısında %21-100 arasında ayarlanabilir, ayarlanan hava 60 L/dk akım hızına kadar artan hızlarda ve aktif nemlendirici ile ısıtılarak tek devreli bir sistem ile hastaya uygulanır (Resim 5). Hasta geniş çaplı nazal kanül aracılığı ile ısıtılmış, nemlendirilmiş havayı solur.

Literatürde mini-sürekli pozitif havayolu basıncı (continuous positive airway pressure (CPAP)), transnazal üfleme (blow) ve yüksek akımlı tedavi gibi isimlerle de adlandırılmaktadır.

Yüksek akımlı nazal kanülün geleneksel oksijen verme yöntemlerine göre birtakım avantajları vardır. Bunlar; anatomik ölü boşluğun süpürülmesi (washout), nemlendirme gibi fizyolojik etkiler, PEEP etkisi, rekrütman etkisi ve sabit  $FiO_2$  sağlayabilmesidir. Hiperkapnik solunum yetmezliğinde non-invaziv mekanik ventilasyonu (NIV) tolere edemeyen hastalarda, hipoksemik solunum yetmezliğinde PEEP etkisi ile oksijenizasyonu düzeltebilmek için kullanılabilir.

Yüksek akımlı nazal kanül ile oksijen tedavisinde akım hızı 20 L/dk hızında başlatılmalı, kademeli olarak artırılmalıdır. Solunum yetmezliğindeki hastada YANK ile hastanın solunum sayısında azalma olmaz ise akım hızı 5-10 L/dk artırılmalı ve hastanın rahat edeceği akım hızı ayarlanmalıdır. Hasta verilen akım hızını tolere edemiyorsa akım hızı azaltılmalıdır. Uzun süre kullanılabilen bir sistemdir. Akım hızı 20 L/dk'nın altına düşürüldüğünde ve hastanın ihtiyacı olan  $FiO_2$  %50'nin altında ise hasta YANK'dan ayrılabilir.

**YANK'ın fizyolojik etkileri:** YANK uygulamasında hava-oksijen karıştırıcıda oluşan gaz 60 L/dk akım hızına kadar artan akım hızında ve ısıtılıp nemlendirilerek verildiği için anatomik ölü boşlukta biriken karbondioksitin hızlı süpürülmesine (washout) neden olur ve böylece karbondioksit atılımı artar.

Yapılan bir hayvan modeli deneyinde YANK akım hızında artış olduğunda  $PaCO_2$ 'deki düşüşün arttığı gösterilmiştir (15). Bu sonuç karbondioksit süpürülme etkisi nedeniyle meydana gelmektedir (14).

Yüksek akımlı nazal kanül tedavisinde uygulanan yüksek akım değerleri anatomik ölü boşlukta azalma ile sonuçlanır. Ventilasyon ve gaz değişimi iyileşir. Yüksek akım hızları ekspiratuar akıma karşı direnç oluşturur ve nazofarinkste pozitif bir basınç meydana gelir. Bu basınç akciğer hacimlerinin artırılması ve kapalı alveollerin açılmasını sağlar. Bu sayede hastaların solunum hızları da azalır. Solunum yetmezlikli hastada hastanın inspiratuar akım hızı ile verilen akım hızı arasındaki fark düşük olduğu için  $FiO_2$  sabit tutulabilir. Verilen hava ısıtılıp nemlendirildiği için sekresyonların atılımı kolaylaşır ve hasta konforu daha iyi olur (16).





**Resim 5. Yüksek akışlı nazal kanül (Fisher&Paykel Optiflow®, Yeni Zellanda)**

Düşük akımla oksijen veren sistemlere oranla YANK ile PaCO<sub>2</sub> ve tidal hacim sabit kalırken solunum sayısı azalır ve dakika ventilasyonu düşer.

Yüksek akışlı nazal kanül ile oksijen tedavisi alan hastalarda solunum sayısında azalma olmasına rağmen tidal volüm ve PaCO<sub>2</sub>'nin değişmemesi ölü boşluk solunumunda azalma ile açıklanabilir. YANK tedavisinin sağladığı solunum sayısında azalma düşük akımla oksijen veren sistemlere göre daha belirgindir (17-21).

**PEEP etkisi:** YANK, açık bir sistem olmasına rağmen nazal kanül ile uyguladığı yüksek akım nedeniyle ekspiratuvar akıma karşı bir direnç oluşturarak hava yolu basıncını artırır. Yapılan bir çalışmada YANK ile yüksek akım hızında oksijen verildiğinde havayolu basınçlarının yükseldiği izlenmiştir (22). YANK ile basit maskenin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada 35 L/dk akım hızında ağız kapalı ve açık olarak yapılan ölçümlerde YANK uygulanan hastalarda nazofaringeal basıncın arttığı gözlenmiş, bu basınç artışı basit maske ile oluşmamıştır. YANK ile nazofaringeal basınç artışı birçok çalışmada rapor edilmiştir (23-25). Ancak, YANK'ın akciğer hacmini mi arttırdığı, yoksa kapalı alveolleri mi açtığı konusu net değildir. PEEP etkisi ile akut solunum yetmezliğinde oksijenizasyonu düzelttiği ve bu etki nedeniyle düşük PEEP ihtiyacı olan hastalarda NİV'e alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. YANK tedavisinde hasta tarafından iyi tolere edilen ve PEEP etkisi yaratan akım hızı en az 35 L/dk olmalıdır.

**Alveolar rekrütman:** YANK havayolu basınçlarını artırarak ve ekspiryum sonu akciğer volümlerinde artışa neden olarak alveolar rekrütman sağlar. Bu etkisi sağlıklı kişilerde, kardiyak cerrahi sonrası hastalarda gösterilmiştir (23, 25, 26).

**Sabit FiO<sub>2</sub> sağlanması:** Solunum yetmezliğindeki bir hastada inspiratuvar akım 30-100 L/dk arasında değişebilir. Hastanın inspiratuvar akım hızı ile verilen akım hızı arasındaki fark arttıkça sabit FiO<sub>2</sub> sağlanması zorlaşır. Bu nedenle geleneksel oksijen sistemleri yerine YANK ile oksijen verilmesi akut solunum yetmezlikli hastalarda önem kazanmaktadır. YANK özellikle yüksek akım hızlarında istenilen FiO<sub>2</sub> düzeyini sağlayabilmektedir.

**Nemlendirme:** YANK'ın en önemli avantajlarından biri verilen havanın nemlendirilmesi ve ısıtılmasıdır. Bu sayede hem hasta toleransı artar, hem de mukosilier klirens bozulmamış olur. Geleneksel oksijen verme sistemlerinde kuru ve ısıtılmamış hava burunda ve gözde kuruluk, buna

**Tablo 4. Uzun süreli oksijen tedavisi endikasyonları**

Genel endikasyonlar
PaO <sub>2</sub> ≤ 55 mmHg veya SaO <sub>2</sub> ≤ %88
Kor pulmonale varlığında
PaO <sub>2</sub> ≤ 59 mmHg veya SaO <sub>2</sub> ≤ %89
EKG'de P Pulmonale olması
Hematokrit > %55 olması
Sağ kalp yetmezliği bulguları olması
Özel durumlarda
PaO <sub>2</sub> ≥ 60 mmHg veya SaO <sub>2</sub> ≥ %90 olan NİV ile gece desaturasyonları düzelmeyen hastalar
İstirahatte normal ancak egzersiz sırasında veya uykuda PaO <sub>2</sub> ≤ 55 mmHg olan hastalar
EKG: elektrokardiyografi; NİV: non-invaziv ventilasyon

bağlı mukozal iritasyona neden olabilir. Ayrıca soğuk havanın bronko-konstrüksiyon yapıcı etkisi de bilinmektedir. Aksine iyi nemlendirilmiş ve ısıtılmış hava akciğerlerin fizyolojik uyumunu arttırmaktadır. Hava yolu konstrüksiyonu azalır, solunum işyükü düşer. Ayrıca verilen oksijen nemlendirilirse mukosilier fonksiyonlar bozulmadığı için sekresyonların temizlenmesi kolaylaşır, atelektazi gelişmez. Bu durumlar özellikle KOAH hastaları için önemlidir. Nemlendirme YANK'ın önemli bir avantajıdır.

Yüksek akışlı nazal kanül hiperkapnik ve hipoksemik solunum yetmezliğinin yanısıra entübasyon öncesi oksijenizasyon, uyku apnesi ve akut kalp yetmezliğinde de kullanılabilir.

## UZUN SÜRELİ OKSİJEN TEDAVİSİ

Uzun süreli oksijen tedavisi (USOT) kronik solunum yetmezliği olan hastalarda özellikle de KOAH hastalarında uygulanan tedavi yöntemidir. Hipoksemik KOAH hastalarında yaşam süresini ve hayat kalitesini arttıran bir tedavidir (27-30). USOT endikasyonları; kronik akciğer hastalığı olan hastalarda PaO<sub>2</sub>'nin ≤ 55 mmHg olması veya SaO<sub>2</sub>'nin ≤ %88 olmasıdır. Hastada kor-pulmonale, sağ kalp yetmezliği bulguları ve eritrositoz varsa (hematokrit > %55); PaO<sub>2</sub> ≤ 59 mmHg ve SaO<sub>2</sub> ≤ %89 olan hastalarda uygulanmalıdır (Tablo 4).

Uzun süreli oksijen tedavisi reçete ederken dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Öncelikle USOT ihtiyacı belirlenmeli, hasta için gerekli oksijen akım hızı (ihtiyaç duyulan akım hızı istirahat, egzersiz sırasında veya uykuda farklılık gösterebilir), oksijenin günlük kullanım süresi, oksijen destek sisteminin belirlenmesi, gerekli durumlarda taşınır ek bir sisteme ihtiyaç olup olmadığının belirlenmesi, taşınır sistemin hasta üzerinde denenmesi ve hastanın tedavinin hedefi ve olası riskleri açısından bilgilendirilmesi önemlidir (11, 27).

İstirahat sırasında oksijen akım hızının belirlenmesinde arteryel kan gazı ölçümü yapılması hastanın asit-baz durumunun ve PaCO<sub>2</sub> değerinin belirlenmesini de sağladığı için önemlidir.

Yaşam süresini veya yaşam kalitesini arttıran eşik oksijen değeri bilinmemektedir. Ancak, PaO<sub>2</sub>'nin 60-65 mmHg olması önerilmektedir. Bu değerler sağlandığında hipoksemimin uygun bir şekilde düzeldiği ve belirgin karbondioksit retansiyonu gelişmediği bildirilmiştir (2, 27). Yüksek akımla oksijen verilmesi karbondioksit retansiyonuna veya oksijen toksitesine neden olabilir.

İstirahat durumunda reçete edilen oksijen akım hızı egzersiz sırasında yeterli olmayabilir. Bu durumda hastanın pals oksimetre ile kendini değerlendirerek oksijen ihtiyacı doğrultusunda akım hızını arttırabilece-

ği hastaya anlatılmalıdır. Uyku sırasında da bazı hastaların oksijen ihtiyacının artabileceği akılda tutulmalı, böyle bir şüphe varsa hasta uyku testi ile değerlendirilerek uyku sırasındaki ihtiyacı belirlenmelidir.

Kronik akciğer hastalığı olan hastalar uçak yolculuğu yapacakları zaman oksijen destek ihtiyacı açısından değerlendirilmelidir. Yolculuk sırasında kabin içi oksijen basıncı düşer. Bu nedenle, oda havasında  $\text{SaO}_2 < 92\%$  olan hastaların uçuş boyunca oksijen ihtiyacı olacağı akılda tutulmalıdır.

Cihaz seçimi hastanın durumuna göre yapılmalıdır. Oksijen tüpleri, sıvı oksijen sistemleri, oksijen konsantratörleri ile USOT uygulanabilir. Hasta aktif ve hareketli ise taşınabilir veya giyilebilir sistemler kullanılabilir. Taşınabilir sistemlerin en fazla 4,5 kg olması ve 2 L/dk akım hızı ile kullanıldığında en az 4-6 saat süreyle kullanılabilmesi hastaların kolay taşınmaları için önemlidir. Bu hastalar için sıvı oksijen sistemleri uygun olabilir. Sıvı oksijen sistemlerinin ağırlıkları 3 kg kadar olabilir. Her cihaz nazal kanül veya transtrakeal kanül gibi sistemler ile birlikte kullanılabilir.

### Oksijen Tüpleri

Çelikten yapılmış, piyasada 2, 3, 5, 10, 20, 40 ve 50 litreye kadar değişen hacimlerde bulunan tüplerdir (28-30). Oksijen basınç altında tüplerin içine doldurulur. Oksijen tüpü ile birlikte, tüpün içindeki yüksek basınçı düzenleyen göstergeli basınç düzenleyici, hastaya verilen akımın ayarlanmasını sağlayan akım-ölçer ve tüpten kuru olarak gelen oksijeni nemlendiren nemlendirici gereklidir. Kullanım miktarı ve tüpün büyüklüğüne göre değişmekle birlikte, oksijen içeriği genellikle 3 saat ile 2-3 gün (2 L/dk akım hızı ile) içerisinde biter. Oksijen tüpleri kullanım süresi açısından evde USOT için uygun değildir, transport sırasında veya elektrik kesintisi durumunda oksijen konsantratörüne ek olarak verilmelidir.

### Sıvı Oksijen Sistemleri

Oksijenin sıvı halde depolandığı ana tank ve taşınabilir bir üniteden oluşur. Aktif ve hareketli hastalar için uygundur (31). Hareket özgürlüğü sağlaması, pil ya da elektrik gibi güç kaynaklarına ihtiyaç göstermemesi en önemli avantajlarıdır. Ancak pahalı bir sistem olması, buharlaşma ile oksijen kaybı olması, doldurmak için özel sistemler gerektirmesi kullanımını kısıtlamaktadır.

### Oksijen Konsantratörleri

Konsantratörler, elektrik enerjisi ile çalışan, oda havasından nitrojeni ayırıştırarak, oksijeni konsantre ederek hastaya veren cihazlardır. Oksijen akım hızı arttıkça oksijen konsantratörlerinin etkinliği azalır. Bu nedenle 4 L/dk oksijen akım hızından daha fazla oksijen ihtiyacı olan hastalarda gerekli etkiyi sağlayamayabilir. USOT için en fazla tercih edilen sistemlerdir (29).

## OKSİJEN TOKSİSİTESİ

Oksijeni bir ilaç gibi değerlendirmek gerekmektedir. Oksijen tedavisinin de riskleri ve yan etkileri vardır. Cihazların ve sistemlerin iyi bilinmemesi ve doğru kullanılmamasına bağlı etkiler dışında yüksek konsantrasyonda oksijenin yan etkileri; ateletaksi, oksijen ilişkili doku hasarı, oksijen toksitesi ve solunum depresyonu olarak sayılabilir. Oksijen tedavisinin ekstrapulmoner fizyolojik etkileri ise eritropoezin baskılanması, sistemik vazokonstriksiyon ve kardiyak debinin azalmasıdır. Çoğunlukla bu etkiler klinik olarak önemsizdir (32). Pulmoner yan etkiler pulmoner vazodilatasyon ve absorpsiyon ateletaksileridir. Yüksek yoğunlukta alınan oksijenin azot yerine geçmesi ve akciğerden azot kaybı olması ateletaksin temel nedenidir. Azotun yerini alan oksijen kana absorbe olur ve alveollerde kollaps ve ateletaksiye neden olur.

Yüzde yüz konsantrasyonda oksijenin 14 saatten uzun süre solunması göğüs ağrısı, öksürük, dispne, başdönmesi, parestezi ve kas ağrıları ile kendini gösteren toksisiteye neden olur. Hastada pulmoner konjesyon, ödem, trekeobronşit, sekresyon artışı, vital kapasite ve fonksiyonel rezidüel kapasitede azalma, akciğer kompliansında azalma ile seyreden bir tablo gelişir. Bu tablo akut respiratuar distres sendromu benzeri bir klinik oluşturabilir. Oksijen toksitesinin önlenmesi için verilen  $\text{FiO}_2$  en kısa zamanda %60'ın altına indirilmelidir.

Kronik hiperkapnik hastalarda  $\text{PaO}_2$  değerini  $> 65$  mmHg üzerinde tutmayı sağlayacak  $\text{FiO}_2$  değeri solunum depresyonu yapabilir. Kronik hiperkapnik hastalarda hedef  $\text{PaO}_2$  değeri 60-65 mmHg olmalıdır.

Sonuçta; solunum yetmezliğinde oksijen ilk tedavi seçeneğidir. Hastanın ihtiyacı, solunum yetmezliğinin akut veya kronik olması, hastaya uygun sistemin seçilmesi ve oksijenin bir ilaç olduğunun unutulmaması önemlidir.

## Kaynaklar

1. Fara P. Joseph Priestley: Doctor Phlogiston or Reverend Oxygen? *Endeavour* 2010; 34: 84-6. [CrossRef]
2. Heffner JE. The Story of Oxygen. *Respir Care* 2013; 58: 18-30. [CrossRef]
3. Haldane JS. The therapeutic administration of oxygen. *Br Med J* 1917; 1: 181-3. [CrossRef]
4. Topeli-İskit A, Kayaalp SO. Oksijen ve Diğer Tedavi Gazları. Oğuz Kayaalp. Akılcı Tedavi Yönünden Tıbbi Farmakoloji. Pelikan Yayıncılık. 2012; 13: 641-8.
5. Bellini L. Oxygen therapy and pulmonary oxygen toxicity. *Fishman's Manual of Pulmonary Disease and Disorders*. McGraw-Hill Companies 2002; 1049-58.
6. Bateman NT, Leach NM. ABC of oxygen: Acute oxygen therapy. *BMJ* 1998; 317: 798-801. [CrossRef]
7. Oxygen Therapy for Adults in the Acute Care Facility-2002. Revision and Update. AARC Clinical Practice Guideline. *Respir Care* 2002; 47: 717-20.
8. Tjep BL, Lewis ML. Oxygen conservation and oxygen-conserving devices in chronic lung disease: a review. *Chest* 1987; 92: 263-72. [CrossRef]
9. Barker AF, Burgher LW, Pulmoner AL. Oxygen conserving methods for adults. *Chest* 1994; 105: 248-52. [CrossRef]
10. Lamb K, Piper D. Southmedic OxyMask(TM) compared with the Hudson RCI(®) Non-Rebreather Mask(TM): Safety and performance comparison. *Can J Respir Ther* 2016; 52: 13-5.
11. Geiseler J, Karg O. Devices for oxigen administration in patients with hypoxemia during spontaneous breathing. *ERS Buyers' guide* 2010; 1: 75-84.
12. Christopher KL. Transtracheal oxygen catheters *Clin Chest Med* 2003; 24: 489-510. [CrossRef]
13. Costello RW, Liston R, McNicholas WT. Compliance at night with low flow oxygen therapy: a comparison of nasal cannulae and Venturi face masks *Thorax* 1995; 50: 405-6. [CrossRef]
14. Wettstein RB, Shelledy DC, Peters JI. Delivered oxygen concentrations using low flow and high-flow nasal cannulas. *Respir Care* 2005; 50: 604-9.
15. Frizzola M, Miller TL, Rodriguez ME, et al. High-flow nasal cannula: impact on oxygenation and ventilation in an acute lung model. *Pediatr Pulmonol* 2011; 46: 67-74. [CrossRef]
16. Chikata Y, Izawa M, Okuda N, et al. Humidification performances of two high flow nasal cannula devices: a bench study. *Respir Care* 2014; 59: 1186-90. [CrossRef]
17. Szymf B, Messika J, Bertrand F, et al. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: a prospective pilot study. *Intensive Care Med* 2011; 37: 1780-6. [CrossRef]
18. Szymf B, Messika J, Mayot T, et al. Impact of high-flow nasal cannula oxygen therapy on intensive care unit patients with acute respiratory failure: a prospective observational study. *J Crit Care* 2012; 27: 3249-13. [CrossRef]
19. Roca O, Riera J, Torres F, et al. High-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. *Respir Care* 2010; 55: 408-13.
20. Corley A, Caruana LR, Barnett AG, et al. Oxygen delivery through high-flow nasal cannulae increase end-expiratory lung volume and reduce respiratory rate in post-cardiac surgical patients. *Br J Anaesth* 2011; 107: 998-1004. [CrossRef]

21. Ritchie JE, Williams AB, Gerard C, et al. Evaluation of a humidified nasal high-flow oxygen system, using oxygraphy, capnography and measurement of upper airway pressures. *Anaesth Intensive Care* 2011; 39: 1103-10.
22. Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. *Aust Crit Care* 2007; 20: 126-31. [\[CrossRef\]](#)
23. Parke RL, McGuinness SP. Pressures delivered by nasal high flow oxygen during all phases of the respiratory cycle. *Respir Care* 2013; 58: 1621-4. [\[CrossRef\]](#)
24. Riera J, Pérez P, Cortés J, et al. Effect of high-flow nasal cannula and body position on end-expiratory lung volume: a cohort study using electrical impedance tomography. *Respir Care* 2013; 58: 589-96. [\[CrossRef\]](#)
25. Corley A, Caruana LR, Barnett AG, et al. Oxygen delivery through high-flow nasal cannulae increase end-expiratory lung volume and reduce respiratory rate in post-cardiac surgical patients. *Br J Anaesth* 2011; 107: 998-1004. [\[CrossRef\]](#)
26. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *J Intensive Care* 2015; 3: 15. [\[CrossRef\]](#)
27. Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease: a clinical trial. *Ann Intern Med* 1980; 93: 391-8. [\[CrossRef\]](#)
28. McCoy R. Oxygen-conserving techniques and devices. *Respir Care* 2000; 45: 95-103.
29. Keller RR. Long-term oxygen therapy: advances and perspectives in technical devices. *Monaldi Arch Chest Dis* 1999; 54: 75-8.
30. Palwai A, Skowronski M, Coreno A, et al. Critical comparisons of the clinical performance of oxygen-conserving devices. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 181:1061-71. [\[CrossRef\]](#)
31. Artí S, Pajares V, Morante F, et al. Are oxygen-conserving devices effective for correcting exercise hypoxemia? *Respir Care* 2013; 58: 1606-13. [\[CrossRef\]](#)
32. Beers MF. *Oxygen Therapy and Pulmonary Oxygen Toxicity. Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders.* McGraw- Hill Companies; 2008; 149: 2613-29.