

## DERLEME / REVIEW

# GÖĞÜS CERRAHİSİ AMELİYATLARI SONRASI SOLUNUM YETMEZLİĞİ VE YAPAY SOLUNUM DESTEĞİ

## RESPIRATORY FAILURE AND SUPPORT FOR ARTIFICIAL RESPIRATION AFTER THORACIC SURGERY

**Evren ŞENTÜRK, Zerrin SUNGUR ÜLKE**

**İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Anesteziyoloji AD, İstanbul**

Istanbul University, Istanbul Medical Faculty, Department of Anesthesiology, Istanbul, Turkey

### ÖZET

Göğüs Cerrahisi ameliyatları sonrası en önemli komplikasyon, solunum yetmezliğidir. Ağır formlarında, ARDS tablosu ile kendini gösteren bu sorunun ameliyat öncesinde öngörülebilmesi, gerekli tedbirlerin önceden alınmasını sağlaması bakımından önemlidir; böylece sorun ortaya çıkmadan önlenmesi, daha sonra tedavi edilmesinden daha etkin ve daha kolay olabilir. Ameliyat sırasında ve sonrasında, akciğer koruyucu yöntemler, genel prensip olarak kabul edilmelidir. Postoperatif dönemde, noninvazif yapay solunum, özellikle bu hasta grubunda tercih edilmesi gereken bir yöntemdir.

Bu derlemede, göğüs cerrahisi sonrası ortaya çıkan solunum yetmezliği tabloları, bunlar ile ilgili risk faktörleri, önleme yöntemleri ve uygulanan özgül yapay solunum yaklaşımları incelenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Göğüs Cerrahisi İşlemi; Solunum Yetmezliği; Ventilasyon, Mekanik

### SUMMARY

Respiratory failure is the most important complication after thoracic surgery. In its severe forms, the clinical presentation can have ARDS symptoms. The prediction of this complication can be helpful to prevent this complication, whereby the prevention is more effective and simple than its therapy. Lung protective strategies should be considered as the main principle during the intra- and postoperative periods. Non-invasive mechanical ventilation should be the method of choice, specifically in this group of patients.

In this review, we aimed to explain the clinical presentations of the respiratory failure following thoracic surgery, the risk factors, preventive methods and the specific approaches of mechanical ventilation.

**KEY WORDS:** Thoracic Surgical Procedure; Respiratory Insufficiency; Ventilation, Mechanical

### GİRİŞ

Günümüzde artan kanser olguları ve bunların cerrahi tedavileri sebebiyle akciğer cerrahisi ile daha sık karşılaşmaktadır. Bu hasta grubunda ileri yaş dışında, preoperatif olarak uygulanan radyoterapi ya da kemoterapi gibi etmenler artmış postoperatif solunumsal komplikasyonlar ile ilişkili olarak kabul edilmektedir (1). Gelişen cerrahi teknikler ve yoğun bakım desteği ile birlikte, artan cerrahi sonrası bakım olanakları ile akciğer tümörlerinde de "inoperabilite" kriterleri daralmakta ve daha düşük, komorbiditesi daha fazla olan olgular rezeksiyon adayı olarak karşımıza gelmektedir. Bunun ötesinde, solunum yetersizliği nedeniyle uygulanmak zorunda kalan yapay solunum da -paradoks bir şekilde- yeni pulmoner komplikasyonların ortaya çıkmasına yol açabilir. Yoğun Bakım Ünitelerinde, başka hastalıklarda da ortaya çıkabilen "ventilatör ilişkili akciğer hasarı", akciğer

ameliyatı sonrası uygulanan yapay solunumda da sıklıkla görülmektedir. Öte yandan pozitif havayolu basınçlarının riskli durumlarda bronş güdüğü veya bronşial anastomozdaki iyileşmeyi geciktirmesi, fistül vb komplikasyonlara yol açması ihtimal dahilindedir (2).

Akciğer rezeksiyonu sonrası mortalite ve morbidite en sık solunum yetersizliğine bağlı gelişmektedir. Postoperatif 30 gün içinde ortaya çıkan komplikasyonun, hasta prognozunda preoperatif risk faktörleri veya intraoperatif sorunlardan daha önemli rol oynadığı gösterilmiştir (3). Torakotomi sonrasında solunumsal komplikasyonların sıklığı, -diğer operasyonlardan farklı olarak- kardiyak komplikasyondan daha fazladır (4).

Bu derlemede önce akciğer rezeksiyonu sonrası solunum yetmezliği ihtimalini arttıran risk faktörleri ve solunum yetersizliğinin ortaya çıkmasını önleyici kuru-

yucu yöntemler anlatılacak; solunum yetersizliği ile sonuçlanan tablolar tanıtılacaktır. Daha sonra, hastada yine de solunum sıkıntısı ortaya çıkarsa, uygulanabilecek solunum desteği yöntemleri incelenecek ve ventilatörden ayırma ile noninvazif ventilasyon yöntemleri üzerinde durulacaktır.

### **TORAKOTOMİ SONRASI SOLUNUM YETERSİZLİĞİ RİSKİNİ ARTIRAN FAKTÖRLER**

Akciğer ameliyatları sonrası solunum yetersizliğinin öngörülmesinde birtakım risk faktörleri üzerinde durulmaktadır. Bu faktörlerden bazıları iyileştirilebilir özelliktedirler, ancak yaş gibi bazıları değiştirilemez. Yine de bunların bilinmesi postoperatif dönemde komplikasyonlara aday hastaların belirlenmesinde, preoperatif tedavilerin optimal hale getirilmesinde ve perioperatif anestezi ve cerrahi yönetimin belirlenmesinde rol oynamaktadır.

Hâlen dünyada da pekçok merkezde, toraks cerrahisi sonrası hastalar, rutin olarak Yoğun Bakım Ünitesi'ne götürülmekte ve kısa süreli bile olsa, burada gözlemlenmektedir. Bu durum, arzulanan bir uygulama olmakla beraber, YBÜ yatak sayısının kısıtlılığı ve giderek artan ekonomik sıkıntılar nedeniyle postoperatif YBÜ endikasyonu, belirli hastalar ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, ameliyat sonrasında YBÜ ihtiyacı olup olmayacağı konusunda öngörü yapabilmek önem kazanır.

#### **Hastanın özellikleri, preoperatif genel durum; solunum fonksiyon testleri (SFT):**

**Yaş:** Tıp ve teknolojideki gelişmeler, yakın zamana kadar, sadece yaşları nedeniyle inoperabl kabul edilen hastaların da artık opere edilmesini mümkün kılmıştır. Ancak, pekçok çalışma, daha yaşlı hastaların (çoğu çalışmaya göre 70 yaş üstü) daha büyük risk altında bulunduğunu göstermektedir. Bu hastalarda, fonksiyonel rezidüel kapasite ve "kapanma kapasitesi" arasındaki ilişkide ortaya çıkan değişiklikler ve ayrıca bu hastalarda daha sık rastlanan "postoperatif kognitif disfonksiyon" sonucu, hastanın solunum fizyoterapisine katılamamasının bu risk artışında rol oynadığı düşünülmektedir.

**SFT:** "Öngörülen postoperatif FEV1" (ppoFEV1), şu şekilde hesaplanır:

$\%ppoFEV1 = \% \text{ preoperatif FEV1} \times (1 - (\% \text{ kesilen akciğer dokusu}/100))$

$\%30$ 'un altında ppoFEV1, postoperatif dönemde yapay solunum devam ettirilmesi için indikasyon olarak kabul edilir (8). Ancak, ameliyat öncesi SFT değerleri ile ameliyat sonrasındaki mortalite/morbidite arası direkt bir ilişkinin olmadığı, pekçok çalışmada belgelenmiştir (5). Nisbeten daha güvenilir bir sonuca, "3 ayaklı" ("3-legged") test adı verilen 3 farklı testin kombinasyonu ile ulaşılabilir. Bunlar ppoFEV1'in yanı sıra, kardiyopulmoner rezervi ölçen  $VO_{2max}$  ve akciğer parankim işlevlerini ölçen DLCO testleridir (6). DLCO'nun  $\%70$ 'in altında olduğu durumlarda, solunumsal komplikasyon olasılığı artmaktadır. Özellikle neoadjuvan radyoterapi ve kemoterapi alan hastalarda, komplikasyon öngörüsünde anlamlı bir test olarak kabul edilmektedir.

Ameliyat öncesi dönemde, hastaya CPAP (devamlı pozitif havayolu basıncı) uygulanması ile mevcut atelektazilerin açıldığı bildirilmiş ise de, bunun postoperatif solunum yetmezliği sıklığına olan etkisi ile ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır.

**Sigara kullanımı:** Tütün kullanımına bağlı pulmoner komplikasyonların önlenmesi, ancak sigara ameliyat öncesinde en az 2 ay kesilirse mümkün olabilir (7). Yirmi paket/yılın üzerinde önemli bir risk faktörü kabul edilir. Pratikte ideal süreye uyulmasa da, en az 48 saatlik bırakmanın, bronkositler aktivitede bir miktar düzelleme ile birlikte morbiditeyi azalttığı kabul edilmektedir.

**Kronik alkolizm:** Rezeksiyon sonrası enfeksiyon sıklığında artış, bilişsel işlevlerde bozulma, artmış kanama riski ve beslenme bozukluklarına bağlı sorunlar alkolizm ile birlikte görülmekte ve solunumsal komplikasyonları arttırdığı kabul edilmektedir (8).

**Kardiyak hastalık:** Ameliyat öncesi kalp ile ilgili sorunlar, akciğer ile ilgili komplikasyonlar ile yakın ilişkilidir. Özellikle koroner kalp hastalığı, kapak hastalığı ile birlikte postoperatif dönemde solunum yetersizliği ve mekanik ventilasyon sıklığının artabileceği bilinmelidir.

**Preoperatif akciğer enfeksiyonunun varlığı:** Tümöre bağlı obstrüksiyon ile pnömone hatta abse gelişimi bu hasta grubunda seyrek değildir. Kronik süperatif akciğer hastalığında da postoperatif yapay solunum gereksiniminin artacağı unutulmamalıdır. (9).

**Radyoterapi-kemoterapi:** Tümör cerrahisinde sınırların genişlemesinde preoperatif uygulanan radyoterapi ve kemoterapinin de önemli yeri vardır. Bu hastalarda radyoterapinin doğrudan akciğer hasarında rol oynadığı kabul edilirken, kemoterapinin yarattığı sistemik enflamatuvar yanıt ile etki gösterdiği kabul edilmektedir.

**Obezite:** Bu hasta grubu tüm cerrahi girişimler için postoperatif solunum yetersizliğinin güçlü adaydır. Kapanma kapasitesinde artış ve FRC'de azalma atelektazi riskini birkaç kat artırır. Obstrüktif uyku apnesi bu hastalarda baş edilmesi gereken diğer bir sorundur.

#### **Cerrahi ve anestezi:**

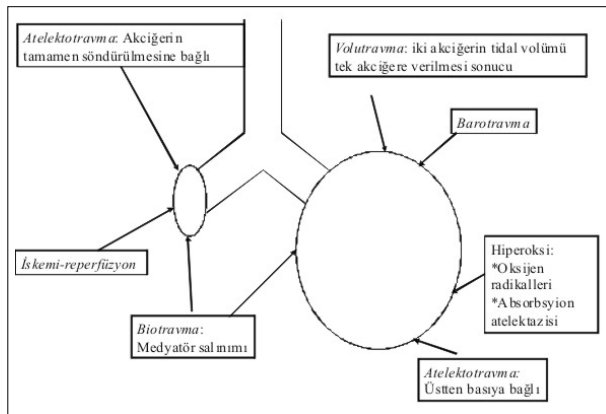
**Ameliyatın büyüklüğü:** Rezeke edilen dokunun büyüklüğü ile postoperatif solunumsal sorunlar arasında güçlü bir ilişki vardır. Uzun zaman boyunca, postoperatif pulmoner ödem (PPÖ)'in sadece pnömonektomiler

sonrasında ortaya çıktığının düşünülmesi de bu nedenlerdir. Karina rezeksiyonun eşlik ettiği rezeksiyonlarda da komplikasyon riski artmaktadır.

**Lenfatik hasar:** Lenfatik "yıkama", pulmoner dolaşımında sistemik dolaşıma göre çok daha önemlidir. Bu drenajın tıkanması veya hasarlanması, akciğer hasarı ihtimalini artırır. Sağ akciğer rezeksiyonlarından (özellikle sağ pnömonektomilerden) sonra, PPÖ sıklığının daha fazla olması, sadece sağ akciğerin daha büyük olması nedeniyle değil, anatomik olarak sol akciğerin lenf damarlarının da sağ torakstan geçmesindedir.

**Tek akciğer ventilasyonu (TAV):** TAV opere edilen akciğerin sönüp yeniden şişmesi iskemi-reperfüzyon hasarına benzer bir tabloya neden olur (9-10). Nitekim uzamış TAV süresi ve TAV sırasında hipoksemi olmasının, PPÖ için bağımsız birer risk faktörü olduğu gösterilmiştir (10). Diğer yanda opere edilmeyen akciğerde uygunsuz ventilasyon stratejileri veya hipoksemiye önlemeye yönelik manevralar nedeniyle volü/barotravma riski altındadır. Şekil 1 'de TAV ile ilintili çeşitli parametrelerin ARDS/ALI oluşturma mekanizmaları gösterilmiştir (11).

**Kan transfüzyonu:** "Transfüzyona bağlı akut akciğer hasarı" ("TRALI"), torakotomilerden sonra da ortaya çıkabilir ve diğer ALI tablolarına benzerlik gösterir. Özellikle taze donmuş plazma (TDP)'nin da ALI için predispozan bir faktör olduğu unutulmamalıdır (12).



Şekil 1. Tek akciğer ventilasyonu sırasında, hem ventile edilen, hem de edilmeyen akciğerde akciğer hasarına yol açan mekanizmalar

## TORAKOTOMİ SONRASI SOLUNUM YETERSİZLİĞİNE KARŞI PERİOPERATİF ÖNLEMLER

**Koruyucu cerrahi teknikler:** "Sınırlı", "kas koruyucu" gibi torakotomi tekniklerinin yanısıra, geliştirildikten sonra hızla yaygınlaşan VATS (video yardımcı torakoskopik cerrahi) tekniği, en önemlisi daha az ağırlı olmak dışında, kas ve kemik yapısını daha iyi koruması nedeniyle daha az doku hasarı yaratmaktadır. Minimal invazif cerrahi seçeneklerinden biri kabul edilen

VATS'ın solunum fonksiyonlarını daha az etkilediği kesin olarak –henüz- gösterilememiştir; ayrıca VATS'ın da tamamen ağrısız bir işlem olmadığı da unutulmamalıdır. Bunun dışında VATS, tek akciğer ventilasyonu için bir "mutlak" indikasyondur.

**"Koruyucu" tek akciğer ventilasyonu:** Riskli hasta gruplarında TAV'ın zararlarını önleyebilmek "koruyucu ventilasyon stratejileri" ile mümkün olabilir (13). Uygun olabilecek bir strateji önerisi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. "Koruyucu" tek akciğer ventilasyonu

- FiO<sub>2</sub> ↓
- Ventile edilmeyen akciğer rutin CPAP
- Ventile edilen akciğere rutin PEEP
- Basınç kontrollü ventilasyon PCV
- Düşük tidal volüm
- Sıvı kısıtlaması
- Torakal epidural anestezi

**Sıvı tedavisi:** Perioperatif dönemde, sıvı yüklenmesi, PPE (ve dolayısıyla ARDS) nedenlerinden biri olarak kabul edilir. PPE semptomlarından bir kısmı, sıvı yüklenmesi ile açıklanabilir olmasa bile, her durumda, toraksta bir "üçüncü boşluk" olmadığı bilinmelidir. Bu nedenle, kontrolsüz sıvı verilmesi akciğer hasarı ve dolayısıyla solunum yetersizliğini daha da kötüleştirir. Genel öneri, operasyon sırasında 2 l ve operasyon gününde 24 saat boyunca toplam 3 l'yi aşmamaktır (14). Bu hedefe ulaşmak için, gerekirse hemodinamik stabiliteyi sağlamak için düşük doz katekolamine başvurulabilir. Kristalloid ile kolloid karşılaştırmasında, birinin üstünlüğüne dair yeterince çalışma yoktur. Sıvı kısıtlaması özellikle pnömonektomilerde ve neoadjuvan radyoterapi/kemoterapi almış olgularda daha da önem kazanmaktadır.

## Postoperatif Dönem:

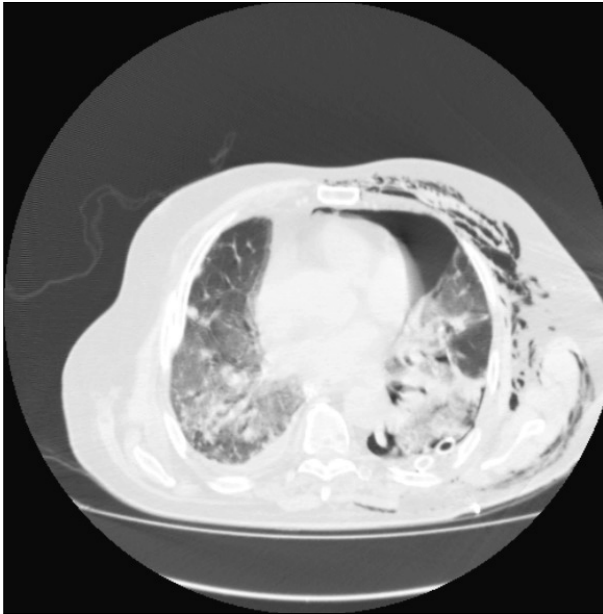
**Ağrı tedavisi:** Torakotomi yarattığı doku hasarı ile en ağırlı operasyonlardan biridir. Ağrı tedavisinin başarısı ile postoperatif solunum fonksiyonları arasında direkt bir korelasyon olduğu gösterilmiştir (15). Akciğer rezeksiyonu sonrası etkin analjezi, anestezi yönetiminin vazgeçilmez bir parçasıdır. Hedef solunum fizyoterapisine etkin katılabilecek, erken derlenmeye ve mobilizasyona izin verecek bir analjezi protokolüdür; bu amaçla multimodal ve pre-emptif yaklaşım tercih edilmektedir. Altın standart torakal epidural analjezidir; ayrıca multimodal analjezinin bir parçası olarak NSAİ ilaçlar ve parasetamol postoperatif ağrı tedavisinde yer alır.

**Fizyoterapi:** Doğru, erken ve amaca yönelik uygulanan fizyoterapi, olası solunum sıkıntılarının yapay solunum gereksinimi olmadan önlenmesini sağlayabilir.

**Solunum desteği ve non-invazif ventilasyon:** Yukarıda da belirtildiği gibi, yapay solunum desteği verilmesi gerekiyorsa, bunu uygulamanın da kendine ait sorunları olabileceği gözden kaçırılmamalıdır. Bu nedenle, son yıllarda giderek artan bir uygulama olarak, non-invazif ventilasyon, özellikle torakotomi hastalarında uygun bir yöntem gibi görünmektedir.

### TORAKOTOMİ SONRASI SOLUNUM YETERSİZLİĞİ TABLOLARI

Tablo 2'de Yoğun Bakım Ünitesi'ne (YBÜ) alınma endikasyonu doğuran postoperatif komplikasyonlar gösterilmiştir. Yapay solunum endikasyonu doğurabilecek solunum yetersizliği nedenlerinin hemen hemen tümü, akciğer ameliyatları sonrasında da ortaya çıkabilir (Şekil 2). Bu genel endikasyonlar üzerinde, sadece torakotomi sonrası durumlar özelinde durulacaktır. Torakotomi sonrasında solunum yetersizliğinin, ARDS veya ALI (akut akciğer hasarı) bulguları ve kriterleri göstermeden de ortaya çıkabileceği de unutulmamalıdır.



Şekil 2. Torakotomi sonrası ARDS gelişen bir hastanın BT görüntüsü: Sağ üst lobektomi sonrası; ameliyat alanında mevcut boş alan ("space"); geri kalan akciğer dokusunda atelaktatik alanlar; sol akciğerde infiltrasyon (enfeksiyon mevcut olmaksızın); ciltaltı amfizemi

#### "Postpnömonektomi pulmoner ödem":

1984'de, Zeldin, pnömonektomi sonrası 10 hastada non-kardiyak ödem gözlemlemiş ve bunları "postpnömonektomi pulmoner ödem" (PPE) olarak bildirmiştir (16). Bu hastaların ortak özellikleri:

- Dört hastada sıvı yüklenmesi
- Klinik semptomların ameliyattan en az 24 saat sonra (4 güne kadar) ortaya çıkması

Tablo 2. Torakotomi sonrası solunum yetersizliği tabloları

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARDS (veya Post-Pnömonektomi pulmoner ödem)</li> <li>• İskemi reperfüzyon hasarı</li> <li>• Atelektazi</li> <li>• Nozokomiyal pnömoni</li> <li>• Ampiyem</li> <li>• Havayolu kaçağı ve bronkoplevral fistül</li> <li>• Pnömotoraks</li> <li>• Bronkospazm</li> <li>• Aspirasyon pnömonisi</li> <li>• Frenik sinir hasarı</li> <li>• Solunumsal olmayan nedenler (Sepsis, kardiyak ödem, şok, hipovolemi vb)</li> </ul>
---

- Radyolojik bulguların klinik semptomlardan önce ortaya çıkması
- Ödem tedaviye dirençli olması (Zeldin'in yayınında mortalite %100 iken, bu oran günümüzde hâlâ %50'nin üstünde seyretmektedir.)
- Pulmoner kapiler kapanma basıncı (PCWP)'nin düşük olması
- Ödem sıvısında yüksek protein oranı
- Sağ pnömonektomilerden sonra daha sık ve daha ölümcül olması

İlerleyen yıllarda PPE tablosunun aslında, ARDS (veya ALI) tablolarından farklı olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, ARDS (akut (veya erişkin) solunum sıkıntısı sendromu) ile ilgili ilk yayınlardan birinin 1942'de posttorakotomi hastalarında yapılmış olması şaşırtıcı değildir. Ayrıca, sadece pnömonektomi değil, küçük rezeksiyonlar, hatta akciğer doku kaybının hiç olmadığı özafajektomi gibi torakotomilerden sonra da ortaya çıkması, PPE isimlendirmesinin çok da doğru olmadığını düşündürmüştür. Günümüzde PPE'nin, ARDS veya ALI ile özdeş olduğu kabul edilmektedir. Slinger, çeşitli derlemelerde, PPE'nin olası nedenleri üzerinde durmuştur (17). Buna göre bu nedenler şöyle sıralanabilir:

- Sıvı yüklenmesi
- Lenfatik hasar
- Pulmoner kapiler kapanma ("wedge") basıncında değişiklikler
- Pulmoner endotel hasarı
- Volüme bağlı akciğer hasarı
- Sağ ventrikül disfonksiyonu
- Oksijen toksisitesi
- Sitokin salınımı

#### İskemi-reperfüzyon hasarı:

Klinik olarak PPE'ye benzeyen bu tablo, akciğer transplantasyonu, pulmoner tromboendarterektomi kardiyopulmoner by-pass sonrası daha sık ortaya çıkar. PPE'ye göre daha iyi bir prognoza sahiptir.

**Atelektazi:**

Torakotomilerden sonra neredeyse tüm olgularda karşılaşılr. Bunun nedenleri fonksiyonel rezidüel kapasitenin (FRC) ve/veya akciğer kompliansının azalması, ameliyat sırasında yüksek (%100) FiO<sub>2</sub> uygulaması, hava yolunu tıkayan sekresyonlar, opere olan tarafta hemotoraks ya da dıştan basılar, uygulanan çeşitli ilaçlar (kas gevşetici veya opioid) ve en önemlisi ağrı nedeniyle derin nefes almamaktır. Ameliyat sonrası "hızlı-yüzeysel solunum" (rapid shallow breathing) görülmesi, atelektazi oluşumunu hem bir nedeni, hem de bir sonucudur. Mukosilyer aktivitenin bozulması sonucu bu atelektazik alanlarda akciğer hasarı (18) ve postoperatif pnömoni (19) gelişme riski oldukça yüksektir. Postoperatif uzun süre mekanik ventilasyon gerektiren olgularda daha yüksek oranda karşılaşılmakta ve sağ kalımı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumda antibiyotik başlamadan önce uygun şekilde fiberoptik bronkoskopi ile örnekleme önerilmektedir.

**Hava yolu kaçağı:**

Torakotomilere özgü bir solunum yetersizliği nedenidir. Çoğu zaman spontan olarak kapanmakta; ancak üst lobektomiler gibi durumlarda 7 günden uzun sürebilir. Kaçağın gaz değişimi ve oksijenizasyonu olumsuz etkilediği durumlarda, yapay solunum gerekebilir. Bu durumda, klinik tablonun bir kısır döngüye girme olasılığı vardır. Yapay solunum sırasında gereken yüksek hava yolu basınçları, kaçağın spontan iyileşmesini yavaşlatır, hatta kaçak miktarını artırabilir.

**POSTOPERATİF YAPAY SOLUNUM DESTEĞİ**

Torakotomi sonrası solunum yetersizliğinde uygulanan yapay solunum desteğinde, "yapay solunum"un genel ilkelerinin yanısıra, bilinmesi ve dikkat edilmesi gereken çeşitli özgün prensipler vardır. Bu bölümde genel ilkelere göreceli olarak daha az değinilip, daha çok bu özgün prensipler üzerinde durulacaktır.

Günümüzde pozitif basınçlı yapay solunumun, hastanın hayatta kalabilmesi için kaçınılmaz olmakla beraber, bir yandan da akciğerler için başlıbaşına bir hasar nedeni olabildiği bilinmektedir. "Ventilatör ilişkili akciğer hasarı" adı verilen bu tablo, "koruyucu ventilasyon stratejileri"nin geliştirilmesini sağlamıştır. Torakotomilerden sonra, akciğerler, pozitif basıncın olası istenmeyen etkilerine çok açık durumdadırlar. Bu nedenle, yapay solunum uygulamasında akciğerin "korunma"sı gerektiği, hem intraoperatif hem de özellikle postoperatif dönemde akıldan çıkarılmamalıdır. Olası akciğer hasarında, bilinen fizyopatolojiye ek olarak, artmış havayolu basıncının, rezeksiyon güdüklerinde dikişleri zorlayabi-

leceği ve hava kaçağını artırabileceği bilinmelidir. Bu nedenle, mümkün olabildiğince:

- "Koruyucu ventilasyon strateji"leri uygulanmalı;
- Hasta hızla asiste solunuma geçirilmeli;
- Ventilatörden ayrılma ("weaning") işlemine çabuk başlatılmalı;
- Şartlar uygunsa non-invazif yapay solunum uygulanmalıdır.

Yapay solunum sırasında, akciğer ameliyatı sonrası hastalarında, diğer rutin takip parametrelerinin yanısıra, özellikle inspire ve ekspire edilen hacimler arasındaki fark da, dikkatle izlenmelidir. Bu farkın artması, hava kaçağının arttığını gösterir.

Ayrıca, her yapay solunumda olduğu gibi, bu hastalarda da:

- Oksijenlenme değerlendirmesi için SpO<sub>2</sub>
- Gaz değişimi, havayolu obstrüksiyonu ve PaCO<sub>2</sub> ile farkının değerlendirilmesi için ET/CO<sub>2</sub>
- Arter kan gazları
- Doku oksijenlenmesi ile ilgili değerlendirilmeler için laktat ve benzeri diğer ölçümler de mutlaka yapılmalıdır.

**Ventilatör ayarları:**

**Tidal volüm:** Klasik olarak 8-12 ml kg<sup>-1</sup> olarak kabul edilen tidal volüm, son yıllarda gelişen "koruyucu" ventilasyon nosyonu ile, 5-7 ml kg<sup>-1</sup> olarak tercih edilmektedir. Hem ARDS'de hem de toraks anesteziinde yapılan pekçok çalışma, yüksek tidal volümün akciğer hasarı oluşumunda bağımsız bir neden olduğunu ortaya koymuştur (20). Düşük tidal volümün atelektazi olasılığını arttırdığına dair eski düşünce biçimi de, uygun PE-EP uygulaması ile geçersiz hale gelmiştir.

**Solunum frekansı:** Dakikada 10-12 solunum, fizyolojik solunum sayısıdır ve akciğer ameliyatı sonrası yapay solunumda da önerilir. Tidal volüm (veya basınç) düşmek adına frekans artırılması, uygun bir yaklaşım değildir. Artan frekans, inspiryum ve ekspiryum sürelerinin kısalmasına yol açabilir: inspiryumun kısalması, (volüm kontrollü ventile ediliyorsa) havayolu basınçlarının artmasına veya (basınç kontrollü ventile ediliyorsa) tidal volümün azalmasına yol açarken; ekspiryum kısalması ile inspiryum havasının yeterince atılamaması sonucu "hava hapsi" ("air-trapping") ortaya çıkabilir.

**İnspiryum-ekspiryum oranı:** Fizyolojik oran, 1:1,5 veya 1:2'dir. Ancak, akciğerdeki patolojiye göre, gerekli değişimlerin yapılması gerekir (KOAHLı hastalarda ekspiryum süresinin uzatılması gibi).

**İnspiratuar oksijen oranı (FiO<sub>2</sub>):** Yüksek FiO<sub>2</sub>, hem olası oksijen toksisitesi (21); hem de pratikte asıl rastlanan atelektaziler (22) nedeniyle, hem akciğere zarar verebilir; hem de paradoks olarak hastanın oksijen-

lenmesini bozabilir. Azot, alveolün açık kalmasını sağlar; azot oranının azalması, "rezorpsiyon atelettazisi" ihtimalini artırır. Ayrıca, yüksek FiO<sub>2</sub> uygulanan hastalarda, proinflatuar mediyatör salınımının arttığı ve böylece "biyotravma" ihtimalinin arttığı bilinmektedir. FiO<sub>2</sub>, tüm hastalarda olduğu gibi, post-torakotomi hastalarında da olabildiğince düşük (yeterli oksijenlenmeyi sağlamak şartıyla) tutulmalıdır.

**Basınç kontrollü (PCV) veya volüm kontrollü ventilasyon (VCV):** Akciğer hasarı oluşumunda rol oynayan basınç, ortalama (mean) havayolu basıncıdır. Dolayısıyla, aynı tidal volümü sağlamak için, hangi solunum modu daha az ortalama havayolu basıncına gereksinim duyuyorsa, o mod tercih edilmez. Güncel bilgi, bu bağlamda, PCV ve VCV arasında bir fark olmadığı yönündedir (23). Yine de, PCV'nin oksijenlenmeyi iyileştirirken, daha düşük havayolu basınçlarına gereksinim duyduğu yolunda çalışmalar da vardır (24). PCV'nin bir diğer avantajı, inspiyum sırasında akımın giderek düşmesi nedeniyle, daha fizyolojik bir akım şeması olmasıdır. Ayrıca, BİPAP veya APRV gibi modlar, hastanın spontan solunum katkısına da izin verirler; spontan solunumun %15-20 oranında katılması bile ventilasyon-perfüzyon oranında ciddi bir düzelme sağlar.

**Pozitif ekspiryum sonu basıncı (PEEP):** Yapay solunum sırasında atelettazi oluşumu genel olarak hiç istenmez. Atelettazi hem oksijenlenmeyi bozar; hem de solunum siklusu sırasında atelettatik alanların döngüsel olarak açılıp kapanmaları akciğer hasarına yol açabilir (25). Akciğer rezeksiyonu sonrasında hastalar, çeşitli nedenlerle atelettaziye çok meyillidirler. PEEP uygulaması, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırır; oksijenlenmeyi iyileştirir; inflamatuvar yanıtı, ayrıca alveoler ödemi de azaltır. Bilinmesi gereken önemli bir nokta PEEP'in oluşmuş bir atelettaziyi açamayacağı, ancak ventile olan alanlarda atelettaziyi önleyeceğidir. PEEP'in istenmeyen etkisi, ortalama havayolu basıncını arttırmasıdır. Özellikle torakotomi hastaları gibi, sıvının kısıtlandığı "boş" hastalarda, hemodinamik instabilite görülebilir. Ayrıca devamlı basıncın, güdük dikişlerine de olumsuz etki yapabileceği yönünde de bir inanış vardır. Bu nedenle, her hasta için "optimal" PEEP düzeyi oksijenlenme, kompliyans, hemodinami ve hastanın geçirdiği cerrahi gibi parametreler değerlendirilerek belirlenmelidir.

**"Yeniden kazanma" manevrası (RM):** İnspiyum basıncını kısa süreli olarak, "supranormal" düzeye yükseltip, atelettazilerin açılması amacına yönelik bir manevradır (26). Toraks anestezisinde uzun yıllardan beri, sönmük akciğeri şişirme şeklinde yapılagelen bu manevra, son yıllarda (artık tartışılır olmakla birlikte) yoğun bakım ünitesi'nde sıklıkla kullanılmaktadır. Yukarıda da

geçtiği gibi PEEP atelettazi oluşumunu önler; fakat daha önce oluşmuş olan atelettazilerin açılması ancak RM ile mümkün olabilir. Bu nedenle RM atelettazi olasılığı olan tüm hastalarda olduğu gibi, akciğer ameliyatlı hastalarda da intraoperatif ve postoperatif dönemde uygulanabilir. Ancak bir grup hastada, bu manevranın, havayolu kaçığı artırabileceği, olası bir güdük kaçığı büyütebileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Ayrıca, akciğer cerrahisi hastalarında akciğer büllerine de daha sık rastlanır. Bu nedenle, RM bazı torakotomi hastalarında kontrendike olabilir.

**Yüksek frekanslı ventilasyon yöntemleri:** Frekans sayısı ve ventilasyon ayarlarına göre sınıflandırılan bu yöntemlerde tidal volüm, ölü boşluktan bile daha küçük olduğundan, bu yöntemler "non-fizyolojik ventilasyon yöntemleri" olarak da kabul edilir. Yöntemin havayolu basınçlarını göreceli düşük tutarak, oksijenlenme ve gaz değişimini -çeşitli şekillerde- sağlaması, özellikle torakotomi hastaları için avantajlar sunmaktadır (27-28). Bronş ve/veya güdük kaçığı olan hastalarda da, uygun ve önemli bir alternatif teşkil eder. Yine de, izlemin zorluğu gibi nedenlerle, çoğunlukla "geçici" bir yöntem olarak kabul görmektedir.

**Permisif hiperkapni:** Düşük tidal volüm uygulanması akciğer hasarlanması ihtimalini azaltırken, bunu kompense etmek için frekans artırmanın istenmeyen sonuçları olabileceği yukarıda anlatılmıştı. Frekans değiştirilmeden, tidal volüm düşürülmesi, doğal olarak hiperkapniye yol açacaktır. Pekçok çalışmada, kontrollü bir şekilde yükselmesine izin verilen PaCO<sub>2</sub>'nin (>60 mmHg), ciddi bir problem veya hemodinamik bozukluğa yol açmadan tolere edilebildiği gösterilmiştir. Hatta belli bir düzeydeki respiratuar asidozun tedavi edici özellikleri olduğunu bildiren çalışmalar da ("terapötik hiperkapni") mevcuttur (29). Hiperkapniye kontrollü bir şekilde izin vermek, torakotomi sonrası yapay solunum sırasında uygun bir yaklaşım olabilir. Pek çok vakada pH değeri 7,2 altına düşene kadar, ortaya çıkan asidoza müdahale edilmesi gerekli olmamaktadır. Akciğer hastaları ile ilgili olabilecek önemli bir nokta bu yöntemin pulmoner hipertansiyonlu hastalarda, kontrendike olduğudur: Yüksek PaCO<sub>2</sub>, pulmoner vasküler basıncın ve pulmoner arter basınçlarının daha da yükselmesine neden olabilir.

**"Bağımsız" (independent) ventilasyon:** İki akciğerin -ameliyatta olduğu gibi- çift lümenli bir tüp yardımıyla ayrı ayrı ventile edilmesi esasına dayanır (30). Akciğerin unilateral veya non-homojen hastalıklarında endike olduğu için, torakotomi hastalarında da kullanılabilir ancak teknik zorluklar nedeniyle kullanımı sınıtlıdır. Bu yöntemde, iki ventilatör bir ara kablo aracılığı ile birleştirilir ve iki akciğere bağlanır. Ventilatörlerden

birinde ("sahip"/"master") tüm ventilatör ayarı yapılır; diğeri ("köle"/"slave"), inspiryum ve ekspiryumda "sahip" ventilatörle senkronize çalışır; sadece diğeri ayarlar değiştirilebilir. "Köle" ventilatör yerine CPAP sistemi ya da jet ventilatör gibi yöntemler de uygulanabilir. Yöntem tek tarafta masif hemoptizi, akciğer lavajı uygulaması, bronkoplevral fistül, unilateral akciğer ödemi gibi tabloların yanısıra, bazen ciddi ARDS'de kullanılabilir. Bu bağlamda, torakotomi sonrası yapay solunum için -hava kaçaklı tarafta daha ılımlı bir ventilasyona izin verdiği için- cazip bir yöntem gibi görünmektedir. Ancak çift lümenli tüpten doğan teknik ve fiziksel zorluklar, yöntemin uygulamasını sadece büyük bronkoplevral fistül ya da massif hemoptizi gibi, ventilasyonun artık mümkün olmadığını vakalarla sınırlamaktadır.

**Ekstrakorporeal solunum destek sistemleri:** ARDS tedavisinde nispeten sınırlı yeri olan ECMO, ECCO<sub>2</sub>R gibi metotlar, akciğer cerrahisi sonra solunum yetersizliğinde de kullanılabilir. Çeşitli yaklaşımlar ile akciğerler "dinlendirilirken", ekstrakorporeal gereçler, oksijenizasyonu ve/veya CO<sub>2</sub> eliminasyonunu sağlamaktadır. İlerleyen süreçte akciğerdeki patoloji düzeldikçe, akciğerin payı artırılarak bu gerecin katkısı azaltılmaktadır. Yani bu gereçler, akciğere (ve hastaya) zaman kazandırmaktadır. Ancak bu yöntem, çok invazif ve çok pahalı olması, bazı durumlarda hastanın heparinize edilmesinin gerekmesi ve ciddi bir personel yükü gerektirmesi gibi nedenlerle çok az tercih edilmektedir. Son yıllarda geliştirilen İLA ("interventional lung assist") gereci daha kolay, daha az komplikasyonlu ve daha ucuz olması nedeniyle, uygulanabilir görülmektedir (31). Femoral arter ve venden arteriyovenöz, ya da femoral venden venovenöz olarak uygulanabilir. Alet öncelikle CO<sub>2</sub> eliminasyonunu sağlar; ancak araya bir oksijenatör eklenerek, oksijenlenme de sağlanabilir.

#### ASİSTE SOLUNUMLAR, YAPAY SOLUNUMDAN AYRILMA VE NON-İNVAZİF VENTİLYASYON

Yukarıda da belirtildiği gibi akciğer rezeksiyonundan sonra yapay solunum desteğine göreceli olarak gereksinim duyulmaktadır. Yine bu durumda azalmış akciğer dokusu, daralmış pulmoner dolaşım yatağı, proksimal seviyede anastomoz gibi durumlar da dikkate alınarak mümkün olduğunca "koruyucu" ventilasyon stratejileri uygulanmalı ve hızlıca ayırma süreci planlanmalıdır.

Genel kural olarak, yapay solunumun başlatılması ile aynı anda, yapay solunumdan ayırma (Weaning) sürecinin de başlatılması gerekir. Bu bağlamda "kontrollü" modlardan (PCV veya VCV gibi), "destekli" modlara (basınç destekli PSV; veya volüm destekli VSV) geçiş de "weaning" sürecinin bir adımı olarak değerlendirilebilir.

Kardiyotorasik operasyonlardan sonra, "weaning" başarısızlığı, genel oranlara göre %5 civarındadır. Ancak, göğüs cerrahisi için bir diğeri önemli hasta grubu olan obstrüktif hastalarda, bu oran, %80'lere dek çıkabilmektedir.

Yapay solunum indikasyonu koyduran tabloda anlamlı iyileşme, hemodinamik stabilite, yeterli oksijenlenme, uygun nörolojik durum, hastanın sekresyonunu atabilecek durumda olması, kabul edilebilir hemoglobin değerleri ve hastanın ateşi olmaması durumunda, Weaning sürecine başlanabilir.

Weaning başarısını sağlayan faktörler:

- Optimal sedoanaljezi (ağrılı ve/veya ajite hastalarda olduğu kadar, zor uyandırılan hastalarda da yeterli solunum sağlanması zordur)
- Optimal beslenme (tercihen daha az karbonhidrat ağırlıklı)
- Stabil hemodinami
- Sıvı ve elektrolit dengesinin sağlanması
- İhtiyaç halinde bronkodilatatör tedavi
- Gerekli durumlarda trakeotomi açılması

Ventilatörden ayırma süreci, mutlaka bir protokole göre yapılmalıdır. Hemen hemen her kurumun, kendi koşullarına göre düzenlediği bir protokolü vardır. Bu protokole uyulması, "Weaning" in başarı şansını artırır.

PSV gibi spontan solunumu destekleyici yöntemler, ya da BIPAP veya APRV gibi mekanik ventilasyon sırasında, hastanın spontan solunumuna izin veren yöntemler, ventilasyon-perfüzyon eşlenmesini de düzelterek, oksijenizasyon ve gaz alışverişinde iyileşme sağlarlar (32). Önemli olan hasta ile ventilatör arasındaki uyumu sağlayabilecek bir moddur.

Yeni geliştirilen bir yöntem olan NAVA (neurally adjusted ventilatory assist) da hasta ve ventilatör arasında senkronizasyonu optimize ederek, olası "Weaning" sıkıntılarını en aza indirebilen bir yöntem olarak bildirilmiştir. Özofagusa yerleştirilen bir kateter, diafragmada nöral olarak düzenlenen elektriksel aktiviteyi ölçer ve bu bilgi yardımıyla ventilatörde inspiryumunu modifiye eder (33).

Spontan solunumun giderek iyileşmesi ile "Weaning" sürecine tam anlamıyla geçilebilir. Bu aşamada, en sık başvurulan yöntemler:

- Senkronize intermittan ventilasyon (SIMV)
- Devamlı pozitif havayolu basıncı (CPAP) ve
- T-parçası' dır.

Bu yöntemlerden hangisi ile daha başarılı bir "Weaning" yapılabileceği hakkında çeşitli yayınlar vardır. Özellikle torakotomi hastalarında, hangi yöntemin daha uygun olduğu konusunda henüz yeterli bilgi bulunmamaktadır. Ancak, yukarıda belirtildiği gibi, önemli olan

uygulanan yöntem olmaktan çok, belirli bir protokolü takip etmektir.

Başarısız Weaning denemesinden sonra, 24 saat boyunca yeniden deneme yapılmamalı; hastanın bu süreçte dinlenmesi sağlanmalıdır.

Noninvazif ventilasyon (NIV): Solunum işinin, bir ventilatör olmadan, parsiyel veya tamamen desteklenmesi olarak tanımlanır.

- İnvazif ventilasyon uygulamasına gerek bırakmayabilir
- Tek başına bir ventilasyon yöntemi olarak görev yapabilir; ya da
- Weaning'i kolaylaştırır.

Bu özellikleri ile post-torakotomi hastaları için ideal bir yapay solunum yaklaşımı gibi görünmektedir (34).

Genellikle, "weaning" amaçlı kullanılsa da, giderek artan sıklıkta, uygun hastalarda bütün bir "yapay solunum" sürecinin bu yaklaşımla yapılması da sözkonusu olmaktadır. Bu bakımdan, sadece "Weaning" başlığı altına girmediği bilinmelidir.

NIV, daha çok obstrüktif (yani hiperkarbik) hastalarda başarılı olmuşken, hipoksemik hastalardaki başarısı henüz tartışmalıdır. Ancak, oksijenlenme ve gaz değişiminin yanısıra NIV; tüm hasta popülasyonunda ventilasyon ilişkili pnömoni olasılığını azaltmaktadır. Postoperatif yapay solunumda, NIV'in oksijenizasyonu düzelttiği, intübasyon gereksinimini, letaliteyi, YBÜ kalış süresini ve komplikasyon sıklığını azalttığı gösterilmiştir. Bir diğer avantajı, uygulama için hastanın mutlaka YBÜ'nde olma zorunluluğu olmamasıdır. Servisler de de uygulama yapılabilir, ancak deneyimli doktor tarafından takip gerektirir.

Hastanın yaşı (genç hastalar daha başarılı olur); genel durumu (örneğin SAPS-II skoru <31-34), kooperasyon durumu, pH> 7,1 ve PaCO<sub>2</sub> < 90 mmHg olması durumunda NIV'in başarı şansı artar. Ancak, uygulama başladıktan 10-15 dakika sonra hastanın durumunda bir iyileşme olmazsa, uzun süre inat etmeden, invazif ventilasyona geçilmelidir.

En basit NIV uygulaması, yüze sıkı tatbik edilen bir maske ile CPAP sağlanmasıdır. NIV için kullanılan maskeler, "burun maskesi", "ağız-burun maskesi", "tam yüz [full-face] maskesi" ve son olarak "ventilasyon helmeti" dir. Her durumda, kaçınılmaz olarak inspryum-ekspiryum farkında bir artış olacaktır; bunu modern ventilatörler akım hızını artırarak kompanse edebilmektedirler. Bu farkın, klinik etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

## SONUÇ

Akciğer rezeksiyonlarında perioperatif anestezi yönetimi yapay solunum stratejileri, etkin ağrı kontrolü ile

birlikte postoperatif yoğun bakım destek tedavilerinin düzenlenmesiyle, morbidite ve mortalitede önemli rol oynamaktadır. Bu cerrahi grupta solunumsal komplikasyonlar gelişmeden riskli olguların belirlenmesi, bunlara uygun perioperatif önlemlerin alınması ve erken postoperatif dönemde dikkatli ve multidisipliner bir yaklaşımla mümkün olacaktır.

### Yazışma Adresi (Correspondence):

**Dr. Evren ŞENTÜRK**

İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi

Anesteziyoloji AD,34093/Çapa- İstanbul

**E-posta (e-mail):** evrensenturk2@yahoo.com

### KAYNAKLAR

1. Martin J, Ginsberg RJ, Abolhoda A, et al. Morbidity and mortality after neoadjuvant therapy for lung cancer: the risks of right pneumonectomy. *Ann Thorac Surg* 2001;72(4):1149-54.
2. Wright CD, Wain JC, Matheson DJ, et al. Postpneumonectomy bronchopleural fistula after sutured bronchial closure: incidence, risk factors, and management. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 112(5):1367-71.
3. Fry DE, Pine M, Jones BL, Meimban RJ. Adverse outcomes in surgery: redefinition of postoperative complications. *Am J Surg* 2009;197(4):479-84.
4. Licker M, Spiliopoulos A, Frey JG, et al. Management and outcome of patients undergoing thoracic surgery in a regional chest medical centre. *Eur J Anaesthesiol* 2001;18(8):540-7.
5. Slinger P. Update on anesthetic management for pneumonectomy. *Curr Opin Anaesthesiol* 2009;22(1):31-7.
6. Slinger P, Johnston M. Preoperative assessment for lung cancer surgery. *Progress in thoracic anesthesia* (Chapter 1) pp. 1-27. Society of Cardiovascular Anesthesiologists Monograph, 2004 Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore.
7. Zwissler B, Reither A. Preoperative abstinence from smoking. An outdated dogma in dogma in anaesthesia? *Anaesthesist* 2005; 54(69):550-9.
8. Licker M, de Perrot M, Spiliopoulos A, et al. Risk factors for acute lung injury after thoracic surgery for lung cancer. *Anesth Analg* 2003;97(6):1558-65.
9. Grichnik KP, D'Amico TA. Acute lung injury and acute respiratory distress syndrome after pulmonary resection. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;8(4):317-34.
10. Misthos P, Katsaragakis S, Theodorou D, et al. The degree of oxidative stress is associated with major adverse effects after lung resection: a prospective study. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; 29(4):591-5.
11. Şentürk M. Major Key Topics concerning one-lung ventilation. Clinical and therapeutic implications. In: *Yearbook Respiratory Care Clinics and Applied Technologies*. Ed. A. Esquinas ISBN: 978-84-612-5901-4; 2008. Pp. 221-8.
12. Van der Houwen HK, Heijmans PJ, et al. Postpneumonectomy pulmonary edema. A retrospective analysis of incidence and possible risk factors. *Chest* 1997;111(5):1278-84.
13. Şentürk M. New concepts of the management of one-lung ventilation. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006;19(1):1-4.
14. Slinger PD. Perioperative fluid management for thoracic surgery: the puzzle of postpneumonectomy pulmonary edema. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9(4):442-51.



15. Slinger P, Shennib H, Wilson S. Postthoracotomy pulmonary function: a comparison of epidural versus intravenous meperidine infusions. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9(2):128-34.
16. Zeldin RA, Normandin D, Landtwing D, Peters RM. Postpneumonectomy pulmonary edema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;87(3):359-65.
17. Slinger P. Fluid management during pulmonary resection. *Ann Card Anaesth* 2002;5(2):220-4.
18. Duggan M, McCaul CL, McNamara PJ, et al. Atelectasis causes vascular leak and lethal right ventricular failure in uninjured rat lungs. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167(12):1633-40.
19. Van Kaam AH, Lachmann RA, Herting E, et al. Reducing atelectasis attenuates bacterial growth and translocation in experimental pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169(9):1046-53.
20. Fernández-Pérez ER, Keegan MT, Brown DR, et al. Intraoperative tidal volume as a risk factor for respiratory failure after pneumonectomy. *Anesthesiology* 2006;105(1):14-8.
21. Lases EC, Duurkens VA, Gerritsen WB, Haas FJ. Oxidative stress after lung resection therapy: A pilot study. *Chest* 2000;117(4): 999-1003.
22. Tenling A, Hachenberg T, Tydén H, et al. Atelectasis and gas exchange after cardiac surgery. *Anesthesiology* 1998;89(2):371-8.
23. Dembinski R, Henzler D, Bensberg R, et al. Ventilation-perfusion distribution related to different inspiratory flow patterns in experimental lung injury. *Anesth Analg* 2004;98(1):211-9.
24. Şentürk NM, Dilek A, Camci E, et al. Effects of positive end-expiratory pressure on ventilatory and oxygenation parameters during pressure-controlled one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2005;19(1):71-5.
25. Gama de Abreu M, Heintz M, Heller A, et al. One-lung ventilation with high tidal volumes and zero positive end-expiratory pressure is injurious in the isolated rabbit lung model. *Anesth Analg* 2003;96(1):220-8.
26. Tusman G, Böhm SH, Sipmann FS, Maisch S. Lung recruitment improves the efficiency of ventilation and gas exchange during one-lung ventilation anesthesia. *Anesth Analg* 2004;98(6):1604-9.
27. Dikmen Y, Aykac B, Erolçay H. Unilateral high frequency jet ventilation during one-lung ventilation. *Eur J Anaesthesiol* 1997; 14(3):239-43.
28. Lucangelo U, Antonaglia V, Zin WA, et al. High-frequency percussive ventilation improves perioperatively clinical evolution in pulmonary resection. *Crit Care Med* 2009;37(5):1663-9.
29. N Çakar, S Tuğrul, E Şentürk, ve ark. Mekanik ventilasyonun oluşturduğu akciğer hasarında hiperkarbinin koruyucu rolü. *Türk Anest Rean Der Dergisi* 2003;31:402-8.
30. Anantham D, Jagadesan R, Tiew PE. Clinical review: Independent lung ventilation in critical care. *Crit Care* 2005;9(6):594-600.
31. Fischer S, Hoepfer MM, Bein T, et al. Interventional lung assist: a new concept of protective ventilation in bridge to lung transplantation. *ASAIO J* 2008;54(1):3-10.
32. Neumann P, Wrigge H, Zinserling J, et al. Spontaneous breathing affects the spatial ventilation and perfusion distribution during mechanical ventilatory support. *Crit Care Med* 2005;33(5):1090-5.
33. Beck J, Brander L, Slutsky AS, et al. Non-invasive neurally adjusted ventilatory assist in rabbits with acute lung injury. *Intensive Care Med.* 2008;34(2):316-23.
34. Auriant I, Jallot A, Hervé P, et al. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164(7):1231-5.