

Kardiyak Cerrahi Sonrası Pulmoner Komplikasyonlar

Doç. Dr. Seden Kocabaş
Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi

Kardiyak Cerrahi

- Genel anestezi ve kas gevşetici etkisi ile fonksiyonel rezidüel kapasite azalır
- Pozitif B'lı ventilasyon ile V/Q değişiklikleri
- Sternotomi, intratorasik manipülasyon ile vital kapasite %50-75 oranında azalır
- KPB: Alveoler kollaps, atelektazi gelişimi

Kardiyak Cerrahi

- Alveoler-kapiller membran değişiklikleri ile ekstravasküler sıvı akümülasyonu
- Havayolu sekresyonlarının retansiyonu
- Ağrıya bağlı yetersiz öksürük
- Pulmoner mekaniklerdeki deęişiklikler

Kardiyak Cerrahi

- Spirometrik ölçümler ve solunum kas gücündeki değişikliklerin, postoperatif 8. haftaya dek devam edebildiği gösterilmiştir

Pulmoner Komplikasyonlar

- KPB ile KABG uygulanan 2609 hasta
 - Kardiyak komplikasyon oranı: %29
 - > 10 gün yatış: %29.4, Mortalite: %8
 - Solunumsal komplikasyon oranı: %7.5
 - > 10 gün yatış: %64.3, Mortalite: %21

Pulmonary Outcomes of Off-Pump vs On-Pump Coronary Artery Bypass Surgery in a Randomized Trial*

Gerald W. Staton, Willis H. Williams, Elizabeth M. Mahoney, Jeff Hu, Haitao Chu, Peggy G. Duke and John D. Puskas
Chest 2005;127; 892-901

Variables	CAGB/CPB (n = 97)	OPCAB (n = 100)	p Value†
Preoperative			
FIO ₂	0.22 ± 0.04	0.23 ± 0.05	NS
PaO ₂ , torr	81 ± 15	79 ± 16	NS
P(A-a)O ₂ , torr	28 ± 23	30 ± 24	NS
PaCO ₂ , torr	37 ± 5.1	39 ± 4.6	0.009
pH	7.43 ± 0.03	7.42 ± 0.03	NS
Postoperative in the OR‡			
FIO ₂	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	NS
PaO ₂ , torr	221 ± 92	275 ± 97	< 0.001
P(A-a)O ₂ , torr	421 ± 91	369 ± 96	< 0.001
PaCO ₂ , torr	41 ± 5.1	39 ± 7.8	< 0.001
pH	7.38 ± 0.05	7.33 ± 0.43	NS
Postoperative day 3			
FIO ₂	0.22 ± 0.06	0.23 ± 0.12	NS
PaO ₂ , torr	60 ± 13	61 ± 11	NS
P(A-a)O ₂ , torr	46 ± 39	53 ± 83	NS
PaCO ₂ , torr	39 ± 5.1	39 ± 6.3	NS
pH	7.44 ± 0.04	7.45 ± 0.05	NS

Pulmonary Outcomes of Off-Pump vs On-Pump Coronary Artery Bypass Surgery in a Randomized Trial*

Gerald W. Staton, Willis H. Williams, Elizabeth M. Mahoney, Jeff Hu, Haitao Chu, Peggy G. Duke and John D. Puskas

Chest 2005;127; 892-901

Variables	CAGB/CPB (n = 97)	OPCAB (n = 100)	p Value†
Extubated in the OR	32	45	0.108
Extubated in the OR or within 4 h	50	73	0.002
Extubated beyond 24 h	5	0	0.027
Reintubated	4	5	NS
Not extubated in the OR and data available‡	n = 62 of 65	n = 50 of 55	
Median hours of intubation	4.58	3.39	
Mean hours of intubation ± SD	12.8 ± 30.1	5.2 ± 10.3	0.008§
Minimum hours of intubation	0.12	0.13	
Maximum hours of intubation	173	75	

Pulmoner Komplikasyonlar

Atelektazi	%16.6-88
Plevral efüzyon	%27-95
Pnömoni	%4.2-20
Frenik sinir hasarı	%30-75
Pulmoner Emboli	%0.04-3.2
ARDS	%0.4-2
Pnömotoraks	%1.4

Atelektazi

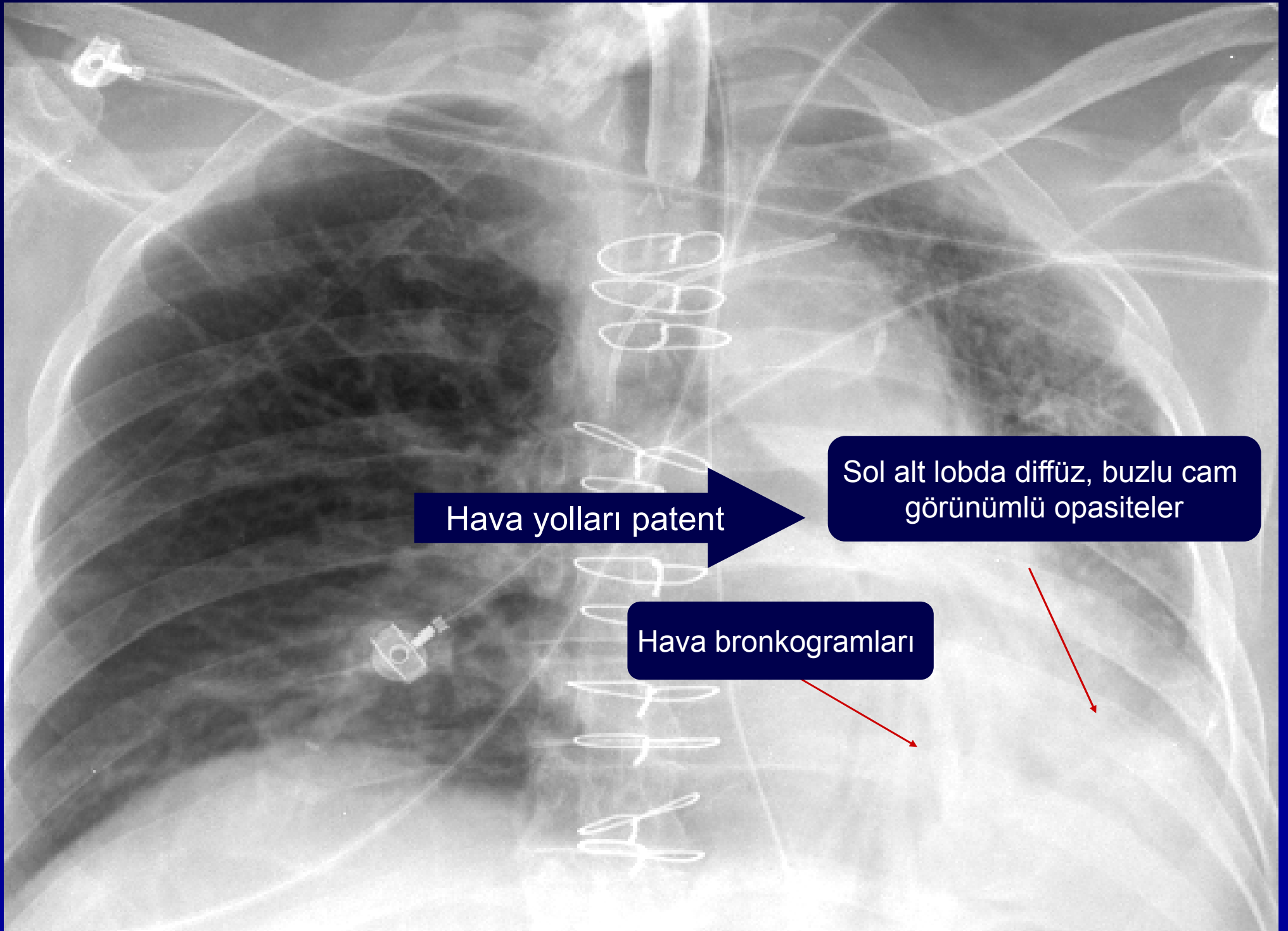
- Kardiyak cerrahi olgularının %63'ünde:
postop. atelektazi / plevral effüzyon (+)
- Atelektazi tipik olarak postoperatif ilk
48 saat içinde AC bazallerinde gelişir
- En sıklıkla sol alt lob atelektazisi gözlenir

Atelektazi

- Mukosiliyer klirens ↓, bronkospazm, ufak hava yollarının sekresyonlara bağlı obstrüksiyonu
- Kalp posterioruna ulaşırken sol alt lob, v.kava kanülasyonunda sağ AC, İMA diseksiyonunda AC'in kompresyonunun gerçekleşmesi
- KPB: apne, soğuk kardiyopleji: sũrfaktan ↓

Atelektazi

- Genel anestezi: AC mekanikleri, müsküler fonksiyon ve mukosilyer klirens azalmaları
- Sternotomi: ggs duvarı mekanik değişiklikleri
- Ağrıya bağlı uzun süreli düşük TV ile solunum
- Opioid ajanlara bağlı hipoverilasyon gelişmesi
- AC kompresyonu (pnmo-hemotoraks, efüzyon)



Hava yolları patent

Sol alt lobda diffüz, buzlu cam görünümlü opasiteler

Hava bronkogramları

Solunum Fizyoterapisi

- Derin soluma ve öksürük egzersizleri, pozisyonel terapi, göğüs duvarı perküsyonu, spirometrik egzersiz uygulamalarını içerir
- PaO₂ ve havalanan AC alanı %5 oranında ↑: KABG olgularında postop 1.gün, 30 derin solunum öncesi ve sonrası BT kesitlerinde

Continuous Positive Airway Pressure at 10 cm H₂O During Cardiopulmonary Bypass Improves Postoperative Gas Exchange *Anesth Analg* 2000;91:522–7

Alexander Loeckinger, MD, Axel Kleinsasser, MD, Karl H. Lindner, MD, Josef Margreiter, MD,
Christian Keller, MD, and Christoph Hoermann, MD

- KPB sırasında 10 cmH₂O CPAP uygulanan grupta (n=7), kontrol grubuna (n=7) oranla:
İnert gaz değişim parametreleri daha olumlu
- Şant (Qs/QT) ↓ (8.1 ± 3.7 vs. 14.1 ± 5.2)
Post-KPB 4. saat PaO₂ ↑ (123 ± 23 vs 99 ± 9)
ve AaDO₂ ↓ (94 ± 26 vs 141 ± 46)

Vital Kapasite Manevraları

- KPB sonlanmadan önce VK manevraları ile şantın azaltılmasının olumlu, fakat kısa süreli etkiye sahip olduğuna dair pek çok çalışma var
- Bir çalışmada, 15 sn'lik 40 cmH₂O havayolu B. ile AC inflasyonu: intübasyon süresi 3 saat ↓ (6.5 ± 2.1 saat vs. 9.4 ± 4.2 saat; p 0.01).

Tschernko EM. J Thorac Cardiovasc Surg 2002; 124:732-738.
Murphy GS. J Cardiothorac Vasc Anesth 2001; 15:336-340.

Rekrutment Manevraları

- Kardiyak cerrahi sonrası erken dönemde RM'ları ile ekspiryum sonu AC volümü, PaO₂ ↑
- PEEP ile RM sonrası olumlu etkiler sürdürülür
- Dikkat: Artmış havayolu B'inin venöz dönüş ve kardiyak debi üzerine (-) etkileri olabilir

Alveolar Recruitment Strategy Improves Arterial Oxygenation After Cardiopulmonary Bypass

**Claxton BA, Morgan P, McKeague H, Mulpur A, Berridge J.
Anaesthesia 2003; 58(2): 111-116.**

- 78 KABG hastası, üç gruba randomizasyon:
 - Grup I: PEEP \emptyset - Grup II: PEEP_{5 cmH₂O}
 - Grup III: 40 cmH₂O inflasyon + PEEP_{5 cmH₂O}
- Rekrutment grubu: Post-KPB 30.dk ve 1.saat
PaO₂ değerleri diğer gruplara oranla yüksek;
Alveoler rekrutmenta ait komplikasyon yok

Noninvaziv Mekanik Ventilasyon

- Kardiyak cerrahi sonrası NIV, atelektaziyi önlemek ve tedavi etmek için kullanılmıştır
- Derin solunum egzersizi yapamayan veya sınırlı inspiratuar kapasiteli olgularda etkili
- Günde en az 4 kez, 20-30 dk. NIV en etkili

Prophylactic Nasal Continuous Positive Airway Pressure Following Cardiac Surgery Protects From Postoperative Pulmonary Complications

Alexander Zarbock, Eckhard Mueller, Sabine Netzer, Andrea Gabriel, Peter Feindt and Detlef Kindgen-Milles

Chest 2009;135; 1252-1259; Prepublished online November 18, 2008;
DOI 10.1378/chest.08-1602

Variables	Study Group		Σ	Control Group		Σ	p Value
	Late Extubation (n = 146)	Early Extubation (n = 86)		Late Extubation (n = 146)	Early Extubation (n = 90)		
Pulmonary complications			12			25	0.03
PaO ₂ /FIO ₂ < 100	0	8	8	4	10	14	
Pneumonia	1	0	1	3	2	5	
Reintubation	3	0	3	2	4	6	
Cardiac complications			81			92	NS
Myocardial infarction	6	3	9	7	2	9	
Cardiac arrhythmia	30	36	66	39	37	76	
Left ventricular failure	4	2	6	5	2	7	
Readmission to ICU or IMCU	2	5	7	6	8	14	0.03

Effects of conventional physiotherapy, continuous positive airway pressure and non-invasive ventilatory support with bilevel positive airway pressure after coronary artery bypass grafting *Acta Anaesthesiol Scand* 2000; 44: 75–81

- 96 KABG hastası, 3 gruba randomizasyon:
 - Grup I: Solunum fizyoterapisi (FT)
 - Grup II: Solunum FT + CPAP (5 cmH₂O)
 - Grup III: Solunum FT + BiPAP (5/12 cmH₂O)
- Ekstübasyon sonrası solunum fizyoterapisi + CPAP (5 cmH₂O) veya BIPAP (5/12 cm H₂O) ile postop. 2.gün VK, FEV₁ ve PaO₂ artar

Bronkoskopi

- Tüm lob atelektazisi veya > 24 saat süren atelektazi durumunda ve daha az invaziv yöntemlerle düzelme sağlanamıyor ise, diyagnostik ve terapötik amaçlı uygulanır

Frenik Sinir Hasarı

- KPB'da miyokard koruması için perikardiyal aralığın soğuk solüsyon ile irigasyonu (en sık)
Perikard insizyonu / İMA diseks.'da travma
- KABG için sağ İMA çıkartılan 783 hasta:
 - Frenik sinir hasarı: 31 hasta (%4)
 - Diyafragma plikasyon cerrahisi: 12 hasta

Frenik Sinir Hasarı

- Diyafragma disfonksiyonu: Spontan solunumda paradoks hareket, AC grafisinde diyafragma elevasyonu ve VK ↓, Tanı: Fluoroskopi, USG
- Diyafragmanın normal fonksiyon kazanması: %78 olgu → 1. yılda, %97 olgu → 2 yıl içinde

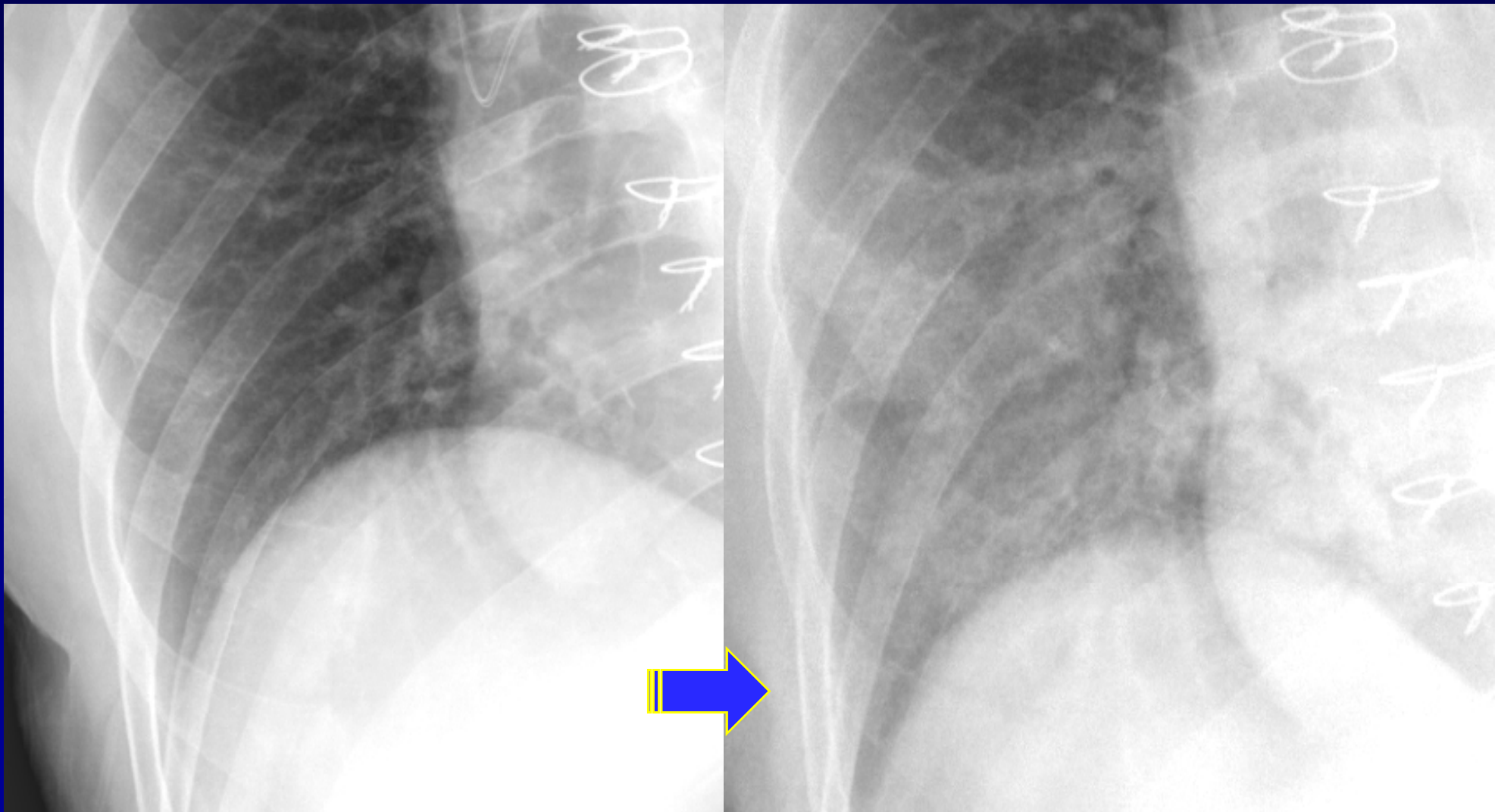
Frenik Sinir Hasarı

- Özellikle altta yatan AC hastalığı olması durumunda atelektazi, pnömoni riski ↑
- Kardiyak cerrahi sonrası solunum yetmezliği nedeni belirlenemeyen, MV'den ayrılmada güçlükler yaşayan olgularda araştırılmalıdır

Pnömoni

- KABG'den ortalama 4 gün sonra gözleendiđi ve %27 mortalite ile seyrettiđi bildirilmiştir
- Kardiyak cerrahi sonrası AC grafisi ile tanı: Eřlik eden atelektazi ve plevral effüzyon nedeniyle güç olabilir: Ateř ve prodüktif öksürük varsa pnömoniden şüphelenilmeli

Pnömoni



Pnömoni

- Kardiyak cerrahi hastalarının %8'inde en az bir adet ventilatör ilişkili pnömoni epizodu; İntübasyon süresi > 7 gün olan olguların %44'ünde ventilatör ilişkili pnömoni
- Multi-organ yetmezliği gelişme riski nedeni ile mortalite %75'lere dek varabilmektedir

Pnömoni

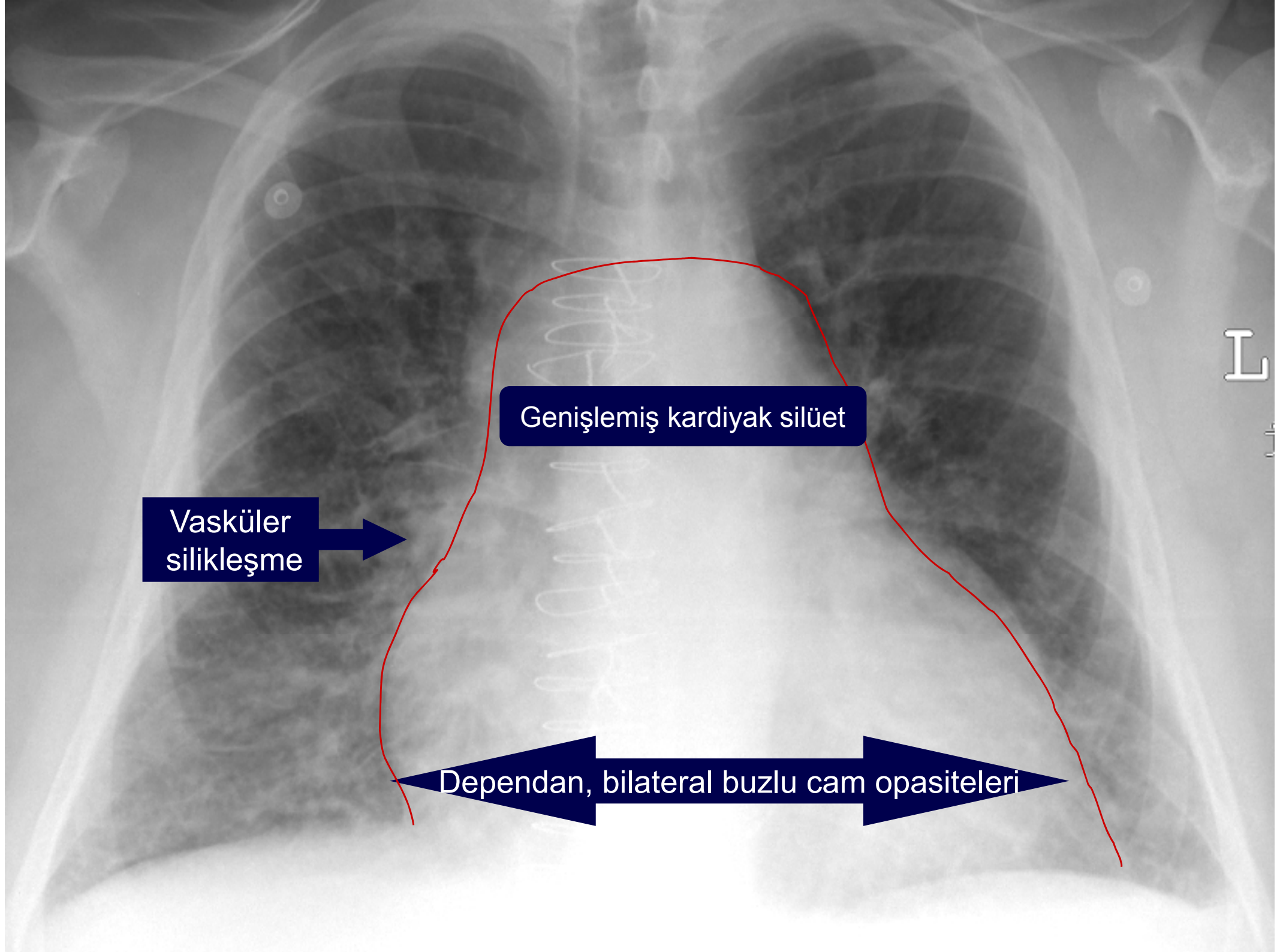
- KABG sonrası daha geç dönemde gelişen pnömoniler: tipik olarak gram (-) organizmalar sorumlu; özellikle MV uygulanan hastalarda
- Antibiyotik direnci: Rutin, profilaktik, geniş spektrumlu antibiyotik kullanımı risk faktörü

Pnömoni

- Spesifik önlemler: Kapalı sistem aspirasyon, solunum devrelerinin rutin değiştirilmemesi, Baş-yukarı (30-45°) pozisyon, subglottik sekresyonların aspirasyonu, orofarengeal antiseptik ajanlar, dental hijyen sağlanması

Pulmoner Ödem

- Kardiyojenik PÖ: LV disfonks. bağlı pulmoner mikrovasküler basınç \uparrow ile interstisyel AC ve alveollere sıvı transüdashyonu ile oluşur
- LV disfonksiyonu pre / intraoperatif gelişebilir
- Kardiyojenik PÖ: Yüksek mortalite oranı (%34)



Genişlemiş kardiyak silüet

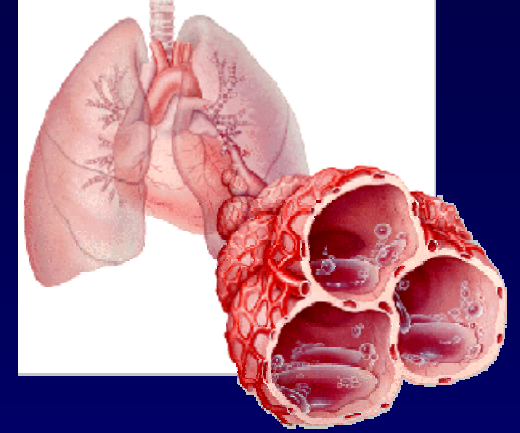
Vasküler silikleşme

Dependan, bilateral buzlu cam opasiteleri

Pulmoner Ödem

- Nonkardiyojenik PÖ: Pulmoner kapiller permeab. artışı ile proteince zengin sıvının alveollere geçişi
Pulmoner kapiller wedge basıncı < 18 mm Hg
- KPB ile oluşan hemodilüsyon: Düşük onkotik basınç ile non-kardiyojenik PÖ'e katkıda bulunur

Pulmoner Ödem



- Pozitif inotropik ajanlar, afterload azaltılmalı
ACE inh.leri, beta-blokerler, diüretik ajanlar
- Gereğinde intra-aortik balon pompası
- Elektif intübasyon, mekanik ventilasyon



Sistemik İnflamatuvar Yanıt

- KPB, sistemik inflamatuvar yanıtı tetikleyerek pulmoner endotel permeabilitesini artırır
Sistemik inflamatuvar yanıt, çeşitli derecelerde akut AC hasarına (ALI) neden olabilmektedir
- Kardiyojenik şok, sepsis, multi-organ yetmezliği, kan transfüzyonu ile akut AC hasarı tetiklenebilir

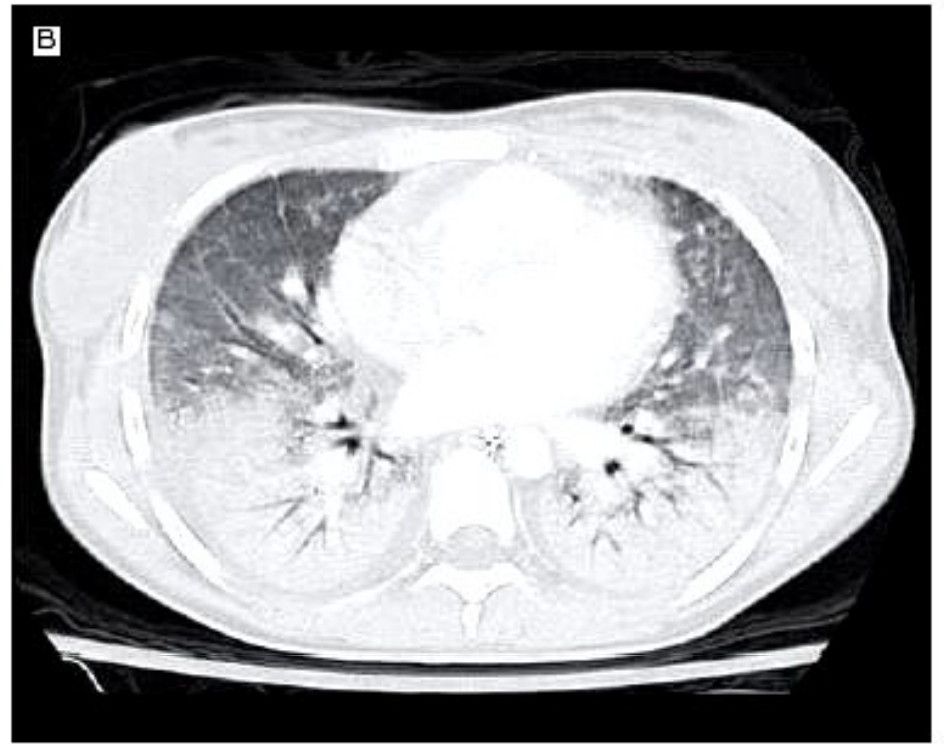


ALI / ARDS

- Açık kalp cerrahisi sonrası ARDS insidansı:
 - 1980'ler ve 1990'lara ait iki seride %1.0-1.3
Daha yakın döneme ait raporlarda %0.4-0.5
 - 1985-1995' e ait otopsi serisinde: %4
Daha yakın dönem otopsi serisinde: %2

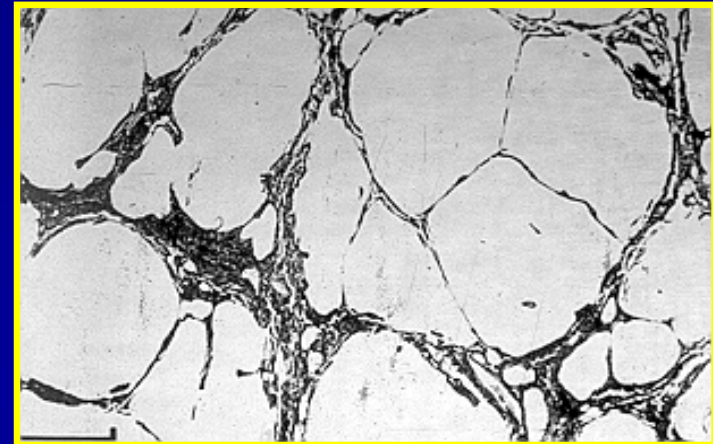
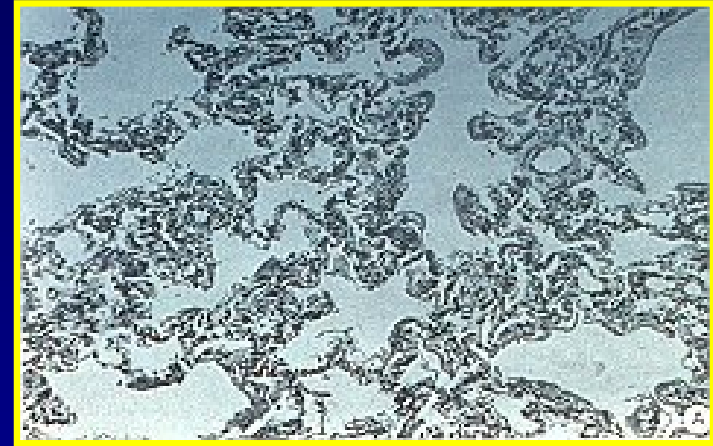
Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu (ARDS)

- Akut başlangıçlı ve persistan
- Bilateral pulmoner infiltrasyon
- $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 300$ ise ALI
- $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 < 200$ ise ARDS
- PAOB < 18 mmHg veya sol atriyal hipertansiyona ait bulgu olmaması



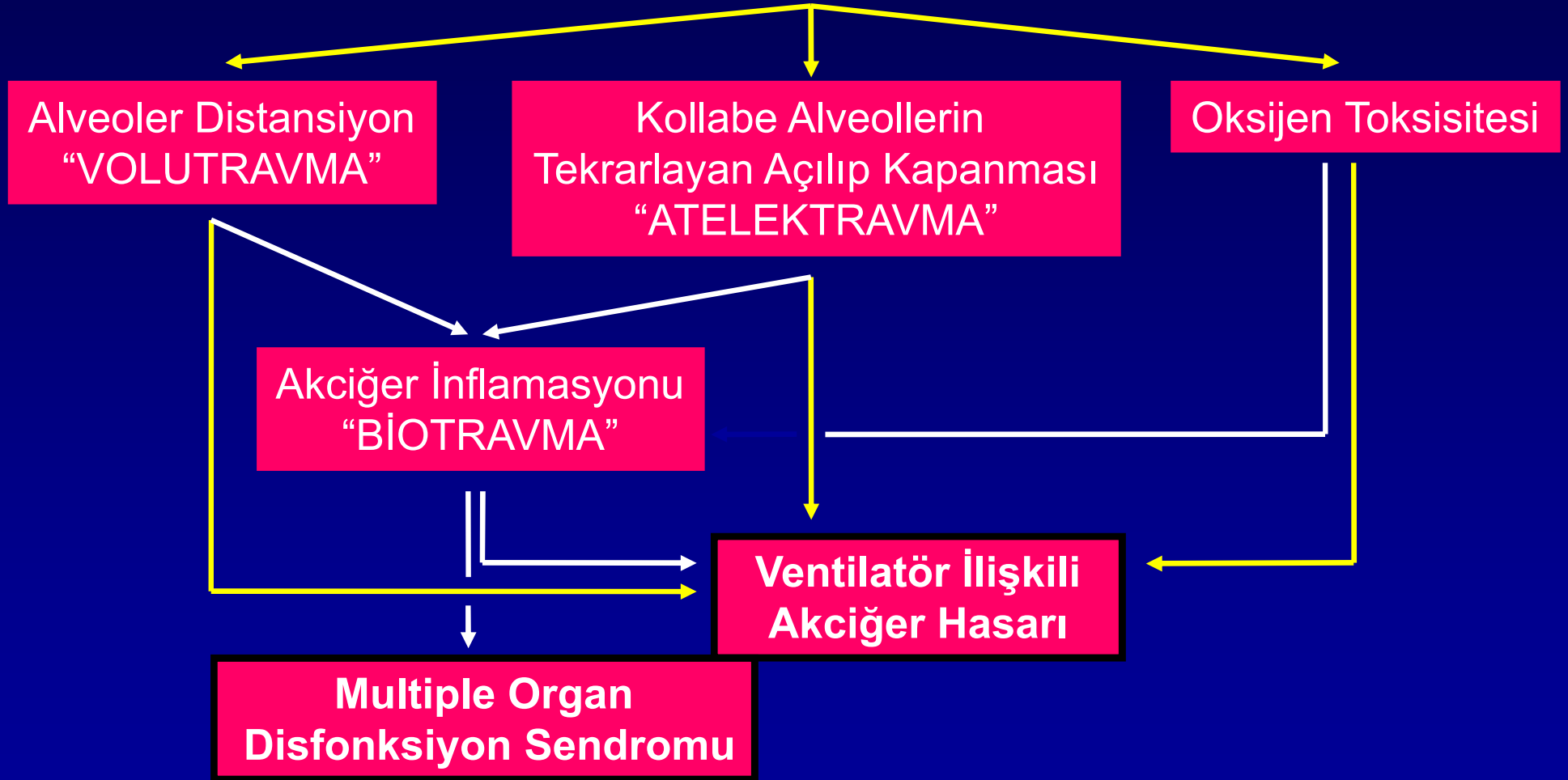
Akut Solunum Sıkıntısı Sendromu (ARDS)

- Alveol-kapiller membran permeabilite artışı
- Diffüz alveol hasarı
- Alveol ödemi (↑ protein)
- Ciddi hipoksemi,
↓ AC kompliansı
- Üç evre: Eksüdatif, Fibroproliferatif ve Rezolüsyon fazları



Lamy ARRD 1976; 114:267

Pozitif Basıncılı Mekanik Ventilasyon



The New England Journal of Medicine

© Copyright, 2000, by the Massachusetts Medical Society

VOLUME 342

MAY 4, 2000

NUMBER 18



VENTILATION WITH LOWER TIDAL VOLUMES AS COMPARED WITH
TRADITIONAL TIDAL VOLUMES FOR ACUTE LUNG INJURY
AND THE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME

THE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME NETWORK*

- Çok merkezli, randomize klinik çalışma: 1996-1999 yıllarında ARDS tanısı (< 36 saatlik) konan hastalar
- Konvansiyonel MV (12 ml/kg, plato B \leq 50 cm H₂O)
Düşük tidal volümlü MV (6 ml/kg, plato B \leq 30 cm H₂O)

The Acute Respiratory Distress Syndrome Network

N Engl J Med 2000; 342: 1301-1308

TABLE 1. SUMMARY OF VENTILATOR PROCEDURES.*

VARIABLE	GROUP RECEIVING TRADITIONAL TIDAL VOLUMES	GROUP RECEIVING LOWER TIDAL VOLUMES
Ventilator mode	Volume assist-control	Volume assist-control
Initial tidal volume (ml/kg of predicted body weight)†	12	6
Plateau pressure (cm of water)	≤50	≤30
Ventilator rate setting needed to achieve a pH goal of 7.3 to 7.45 (breaths/min)	6–35	6–35
Ratio of the duration of inspiration to the duration of expiration	1:1–1:3	1:1–1:3
Oxygenation goal	PaO ₂ , 55–80 mm Hg, or SpO ₂ , 88–95%	PaO ₂ , 55–80 mm Hg, or SpO ₂ , 88–95%
Allowable combinations of FiO ₂ and PEEP (cm of water)‡	0.3 and 5	0.3 and 5
	0.4 and 5	0.4 and 5
	0.4 and 8	0.4 and 8
	0.5 and 8	0.5 and 8
	0.5 and 10	0.5 and 10
	0.6 and 10	0.6 and 10
	0.7 and 10	0.7 and 10
	0.7 and 12	0.7 and 12
	0.7 and 14	0.7 and 14
	0.8 and 14	0.8 and 14
	0.9 and 14	0.9 and 14
	0.9 and 16	0.9 and 16
	0.9 and 18	0.9 and 18
1.0 and 18	1.0 and 18	
1.0 and 20	1.0 and 20	
1.0 and 22	1.0 and 22	
1.0 and 24	1.0 and 24	

The Acute Respiratory Distress Syndrome Network

N Engl J Med 2000; 342: 1301-1308

	6ml/kg	12ml/kg
PaCO₂	43 ± 12	36 ± 9
Solunum sayısı	30 ± 7	17 ± 7
PaO₂/FIO₂	160 ± 68	177 ± 81
Plato basıncı	26 ± 7	34 ± 9
PEEP	9.2 ± 3.6	8.6 ± 4.2

TABLE 4. MAIN OUTCOME VARIABLES.*

VARIABLE	GROUP RECEIVING LOWER TIDAL VOLUMES	GROUP RECEIVING TRADITIONAL TIDAL VOLUMES	P VALUE
Death before discharge home and breathing without assistance (%)	31.0	39.8	0.007
Breathing without assistance by day 28 (%)	65.7	55.0	<0.001
No. of ventilator-free days, days 1 to 28	12±11	10±11	0.007
Barotrauma, days 1 to 28 (%)	10	11	0.43
No. of days without failure of nonpulmonary organs or systems, days 1 to 28	15±11	12±11	0.006

*Plus-minus values are means ±SD. The number of ventilator-free days is the mean number of days from day 1 to day 28 on which the patient had been breathing without assistance for at least 48 consecutive hours. Barotrauma was defined as any new pneumothorax, pneumomediastinum, or subcutaneous emphysema, or a pneumatocele that was more than 2 cm in diameter. Organ and system failures were defined as described in the Methods section.

**The Acute Respiratory Distress Syndrome Network
N Engl J Med 2000; 342: 1301-1308.**

**KORUYUCU
VENTİLASYON
STRATEJİLERİ**

**Düşük Tidal Volüm
Düşük Basınç**

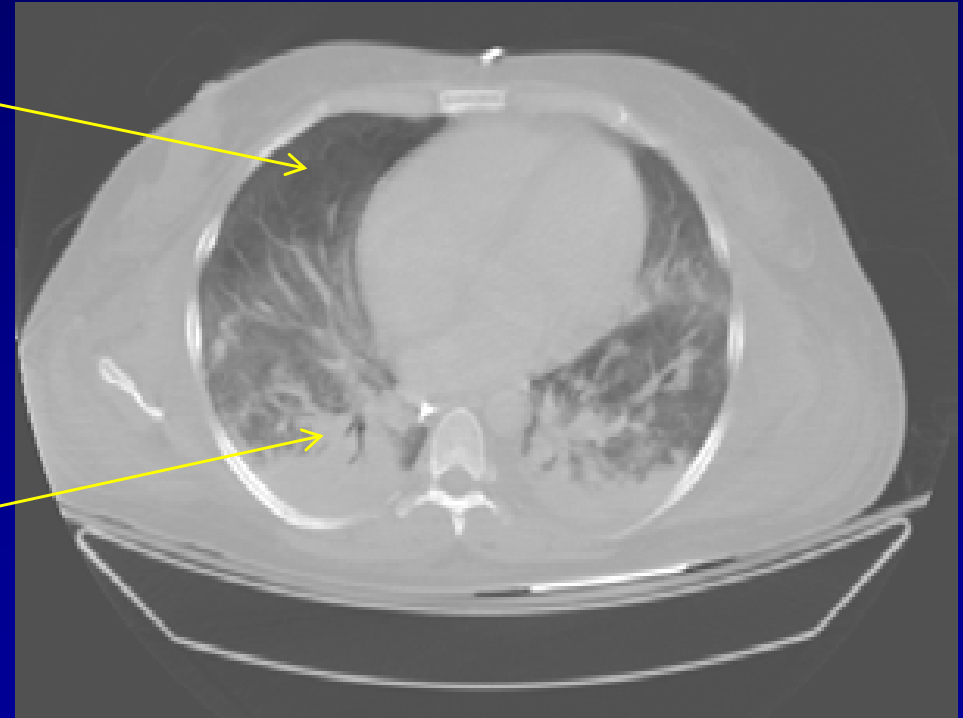
**Kapalı Alveollerin
Açılması
(Recruitment)**

**Alveollerin
Yeniden
Kapanmasının
Önlenmesi**

AC Koruyucu Ventilasyon Stratejisi

Aşırı alveoler distansiyonun önlenmesi (Tidal volüm ve plato basıncı sınırlanır)

De-rekrutment'in önlenmesi (yeterli PEEP kullanılır)



Permisif Hiperkapni

- İlimli hiperkapni ($\text{pH} \geq 7.30$), çoğu ARDS hastasında iyi tolere edilir; daha düşük TV ve hava yolu basınçlarını mümkün kılar
- Pulmoner hipertansiyon, katekolamin salınımı ile pro-aritmik etki, serebral vazodilatasyon
- İntrakraniyal basınç yüksek ise kaçınılmalıdır

Laffey JG. Intensive Care Med 2004; 30: 347-56.
Lowe GJ. Curr Opin Crit Care 2006; 12: 3-7.

ARDS: PEEP Uygulaması

- Oksijenizasyonu olumlu etkiler
- Atelektatik AC alanları rekrutmentini sağlar ve alveoler kollapsı önler
- Fonksiyonel rezidüel kapasite ↑
- AC kompliyansını olumlu etkiler
- Ventilatör ilişkili AC hasarını azaltır



ARDS: PEEP Uygulaması

- Kardiyak cerrahi sonrası yüksek PEEP (8-15 cmH₂O) uygulanması: Kardiyak ve pulmoner hedeflerin tartılmasını gerektirir
- Kardiyak debide azalma, hipotansiyon !
RV fonksiyon bozukluğu ve sağ koroner lezyonu olanlarda bu etkiler en belirgindir

ARDS: Rekrutment Manevraları

- Amaç: Atelektatik AC'in açılması, PaO₂ ↑
- Geç dönemde RM başarılı değil ve risk yüksek; erken dönemde daha faydalı
- Ekstrapulmoner ARDS'de daha etkili
- Riskler: Rejyonel AC aşırı inflasyonu, hemodinamik bozukluk, pulmoner kan akımı redistribüsyonu ile pulmoner şant ↑

ARDS: Pron Pozisyonu

- Erken evre ARDS olgularının $> \%70$ 'inde PaO_2 değerlerini \uparrow (FiO_2 azalması $\geq \%20$)
- Klinik pratik: $\sim 6-12$ saat / gün uygulanır
- Erken dönem ve 6 aylık survi oranlarına etki \emptyset
- $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 88$ olan ciddi hipoksemik olgular:
AC hasarını ve mortaliteyi azaltmıştır

Gattinoni L et al., N Engl J Med 2001
Slutsky AS. N Engl J Med 2001

ARDS: Destek Tedavi

- Sıvı idaresi: Yeterli perfüzyonu sağlayacak en düşük intravasküler volüm hedeflenmeli
- Nutrisyon: mümkün olduğunca enteral
- DVT ve GİS kanama profilaksisi
- Nosokomiyal infeksiyonların tedavisi

ARDS: Kortikosteroidler

- MV süresi ≥ 7 gün, lung injury skoru ≥ 2.5 ve infeksiyon kanıtı olmayan ağır ARDS olgularında metil prednizolon tedavisi ile akciğer hasarında ve mortalitede azalma

Meduri, JAMA 1998;280:159

Kopp R et al., Intensive Care Med 2002

Diğer Tedaviler

- Refrakter hipokside “rescue” tedavi ???
İnhale NO, PG E1, Aerosolize PGI₂,
Almitrin, Surfaktan, Antioksidanlar...

ARDS: İn hale Nitrik Oksit

- ARDS ve ciddi ALI ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 250$) tanılı, sepsis ve diğer organ yetmezliği olmayan hastalarda 5 ppm iNO tedavisi: Postop. 24-48. saatlerde PaO_2 %20 ↑

High-Frequency Oscillatory Ventilation

- Konvansiyonel basınç kontrollü modlara oranla daha yüksek ort. havayolu B'lerinde yüksek frekanslı (3-9 Hz) ve çok düşük TV'lü solunum
- AC koruyucu ventilasyon stratejisinin tüm hedeflerini karşılar: alveollerin tekrarlayan açılıp kapanmalarını, aşırı distansiyonu önler

High-Frequency Oscillatory Ventilation



- Literatürde ciddi ARDS olgularında oksijenizasyonu arttırdığı bildirilmiştir:
 - $FiO_2 > 0.60$ ve / veya $SpO_2 < \%88$
PEEP > 15 cmH₂O, Plato B. > 30 cmH₂O
Ort. havayolu B. ≥ 24 cmH₂O

Interventional Lung Assist (ILA)



- ECMO'nun modifiye formu: Venöz rezervuar ve sentrifugal pompa yok; sistemden akım arteriyovenöz basınç gradiyenti ile sağlanır
- Ekstrakorporeal dolaşım ile kandan CO₂'i uzaklaştırır, oksijenizasyon MV ile sağlanır
- Ciddi hasarlı AC: gaz değişimini olumlu etkiler

TEŞEKKÜRLER...

