

Hemodinami

Alp Aydinalp

Hemodinami

- Basınç ölçümü
- Akım ölçümü
- ❖ Kardiyak output
- ❖ Şant ölçümü
- ❖ Kapaktaki darlık ve kaçakların ölçülmesi
- Vasküler direnç hesaplanması

Basınç ölçüm sistemleri

- Sıvı Dolu sistemler
- Mikromanometre kateterleri

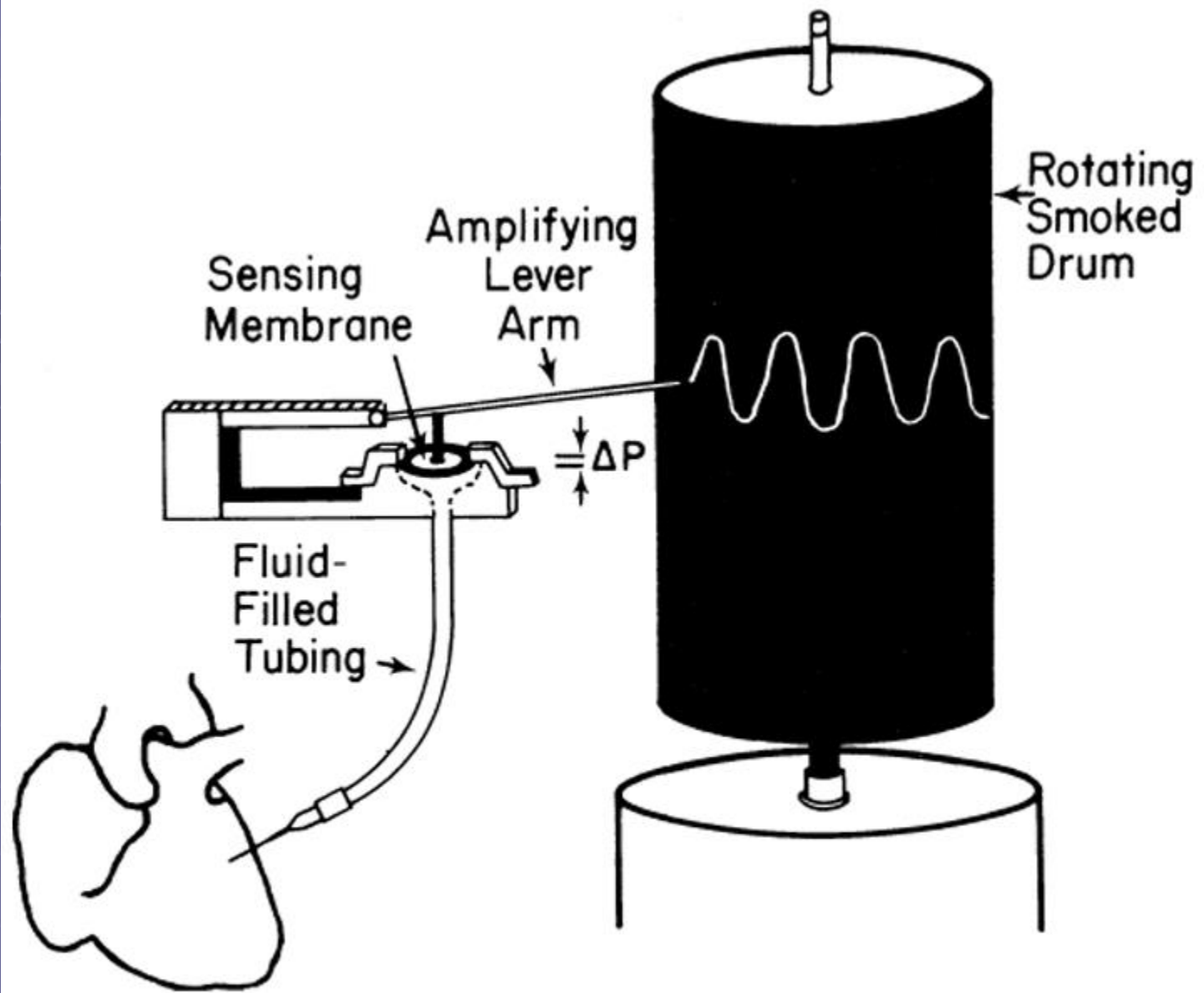


Figure 7.2 Schematic illustration of the Hürthle manometer. A rubber tambour serves as the sensing membrane and is coupled with an amplifying lever arm that records changes in pressure (ΔP) on a rotating smoked drum. Pressure is transmitted from the heart (*lower left corner*) to the sensing membrane by fluid-filled tubing.

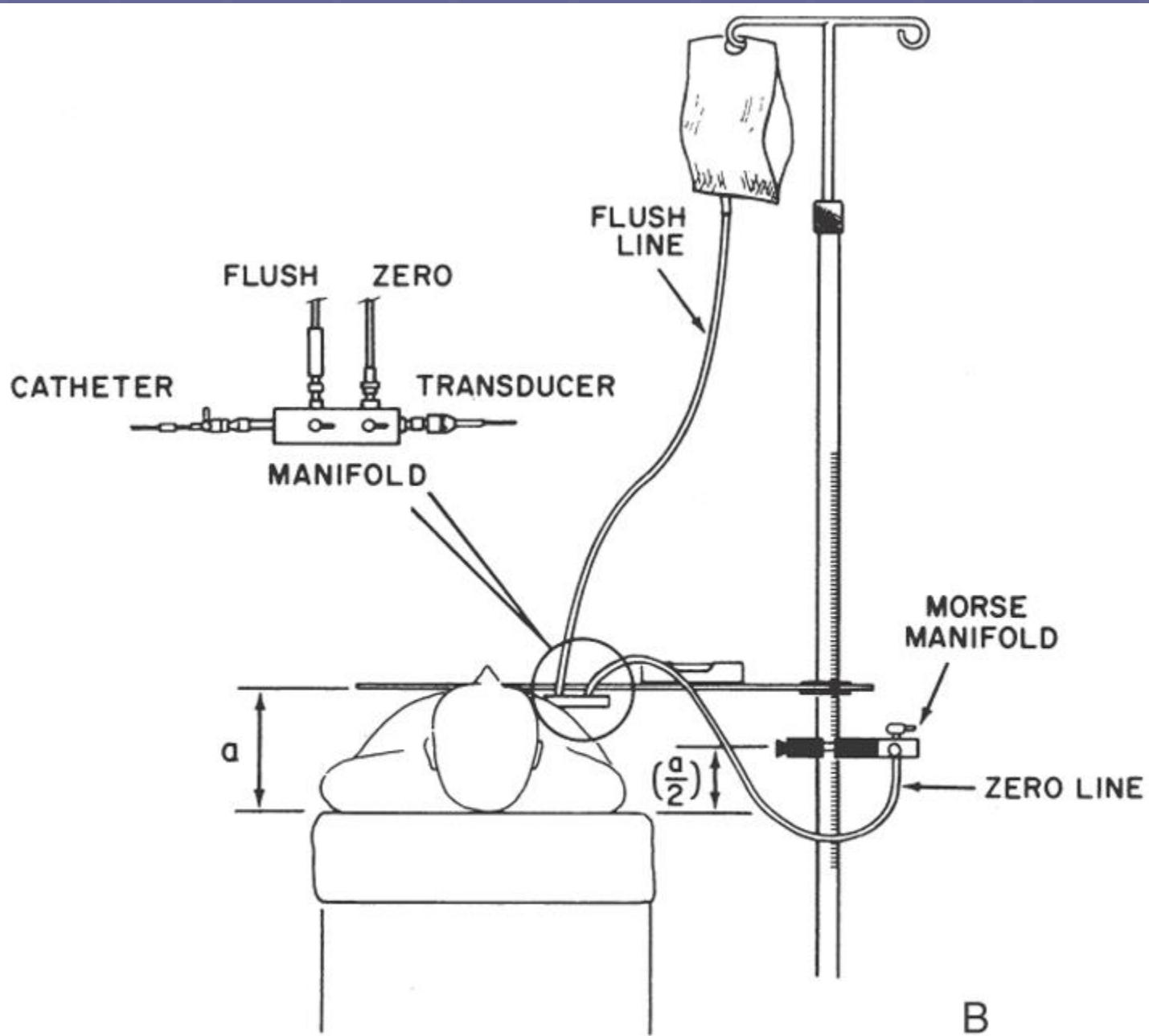
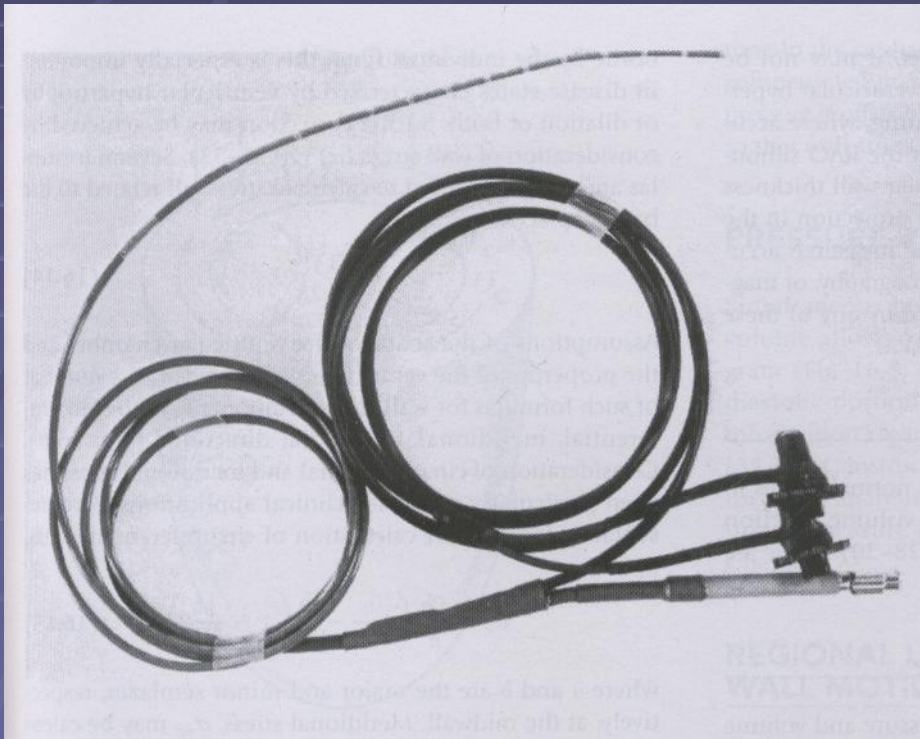


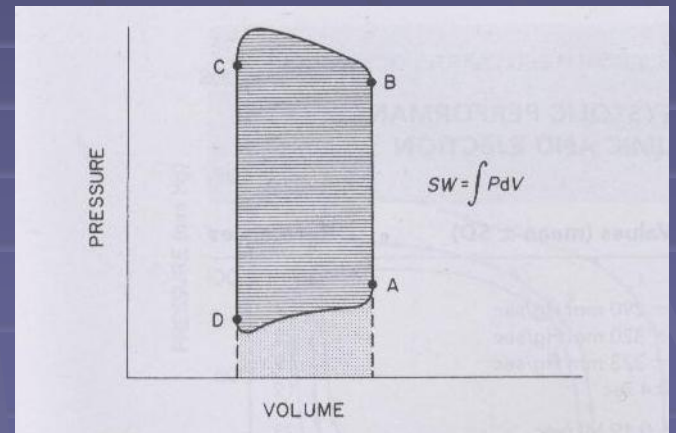
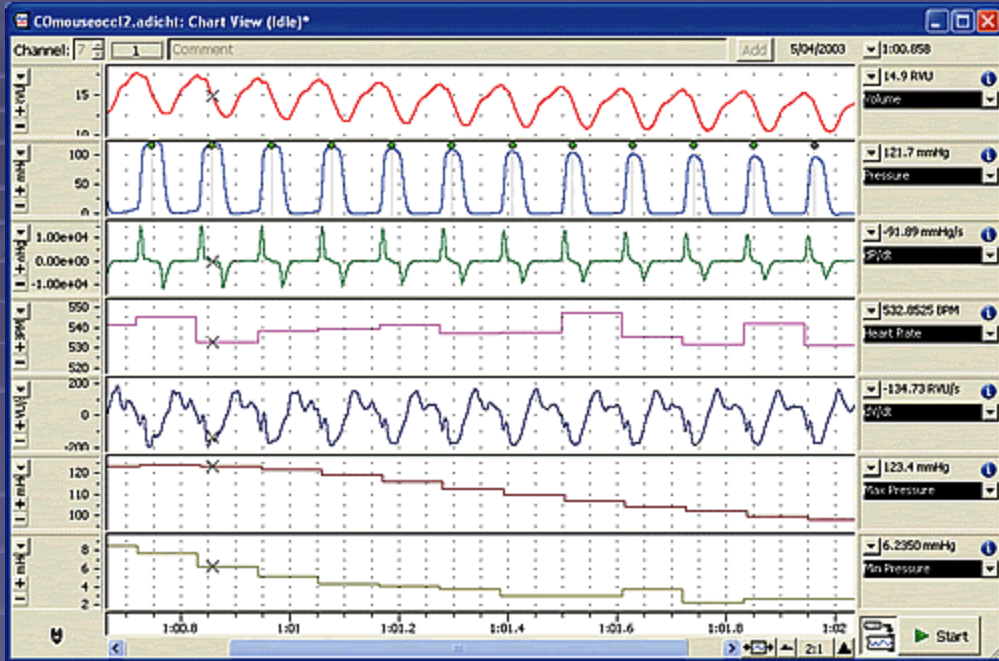
Figure 7.10B A. Technique for measurement of a patient's anteroposterior diameter (a), using a metal chest caliper. **B.** Establishment of zero level. (See text for detailed explanation.)

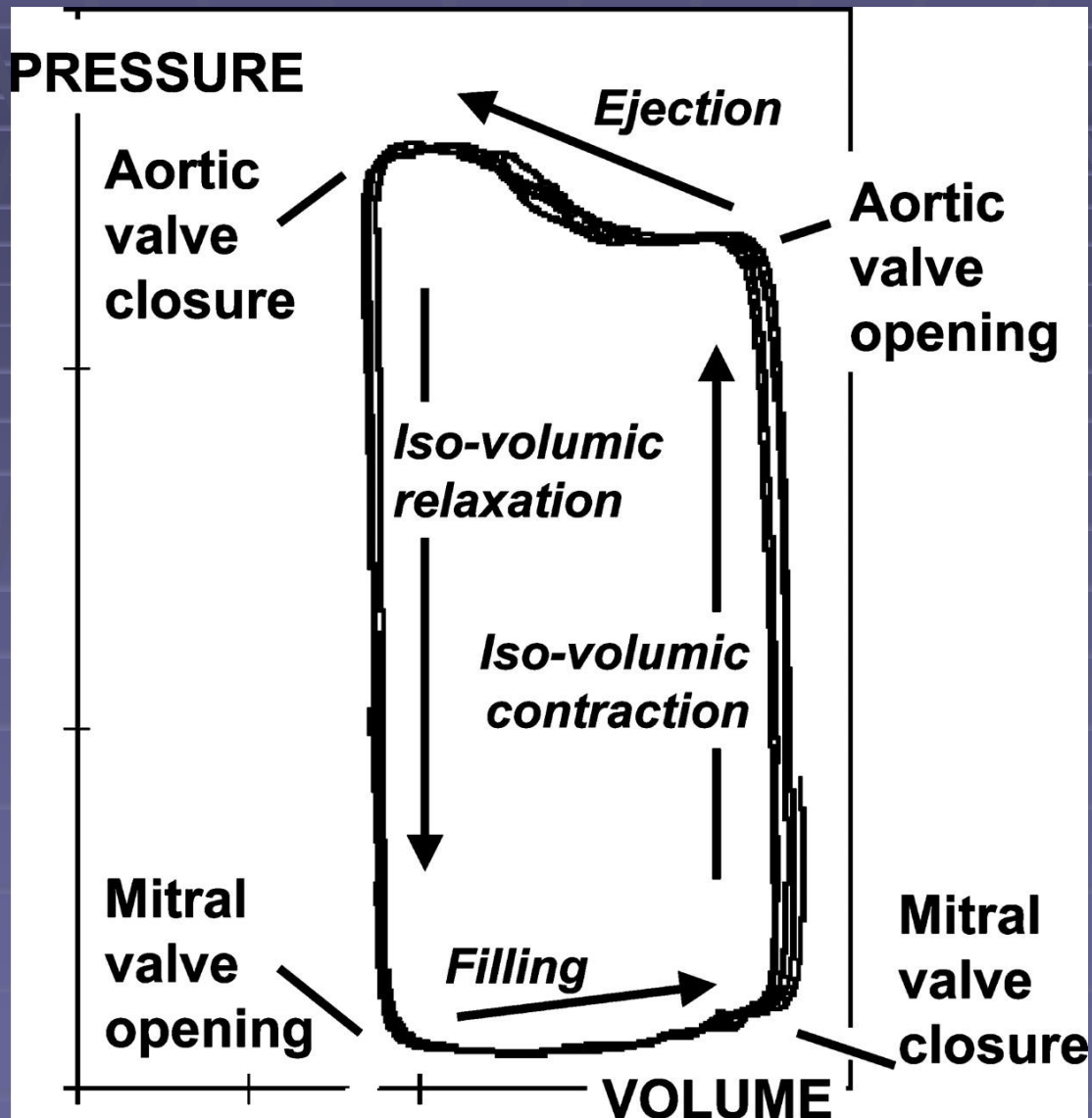
Sıvı dolu sistemlerde hata

- Kamçı artefaktı
- Uç basınç artefaktı
- Çarpma artefaktı
- Kateter tıkanması

Micromanometre kateterleri







Normal basınç ve vasküler dirençler

Pressures	Average (mm Hg)	Range (mm Hg)
Right atrium		
a wave	6	2-7
v wave	5	2-7
mean	3	1-5
Right ventricle		
peak systolic	25	15-30
end-diastolic	4	1-7
Pulmonary artery		
peak systolic	25	15-30
end-diastolic	9	4-12
mean	15	9-19

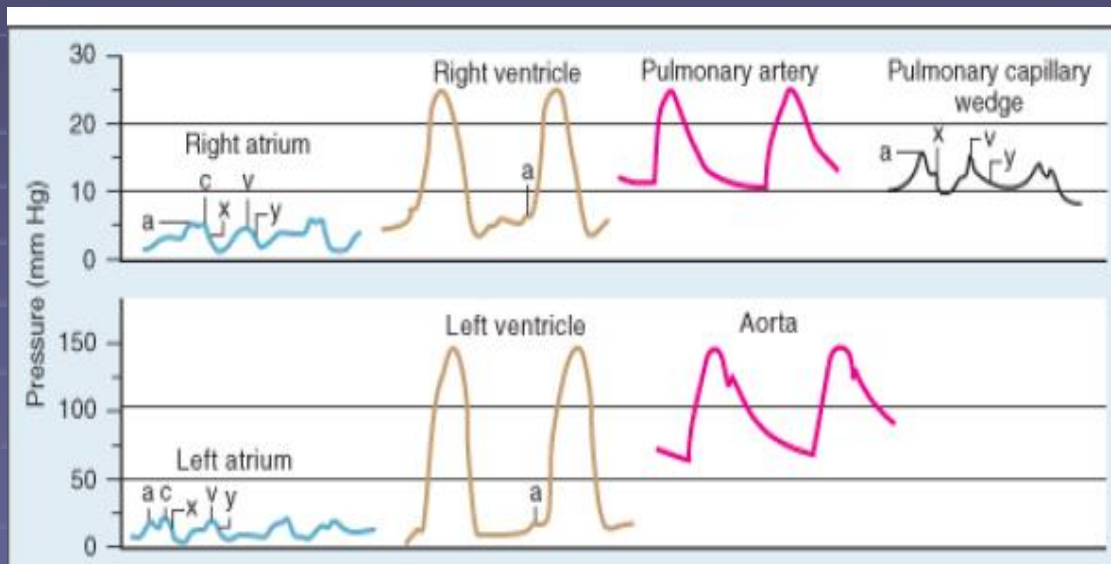
Normal basınç ve vasküler dirençler

Pressures	Average (mm Hg)	Range (mm Hg)
Pulmonary capillary		
wedge		
mean	9	4-12
Left atrium		
a wave	10	4-16
v wave	12	6-21
mean	8	2-12

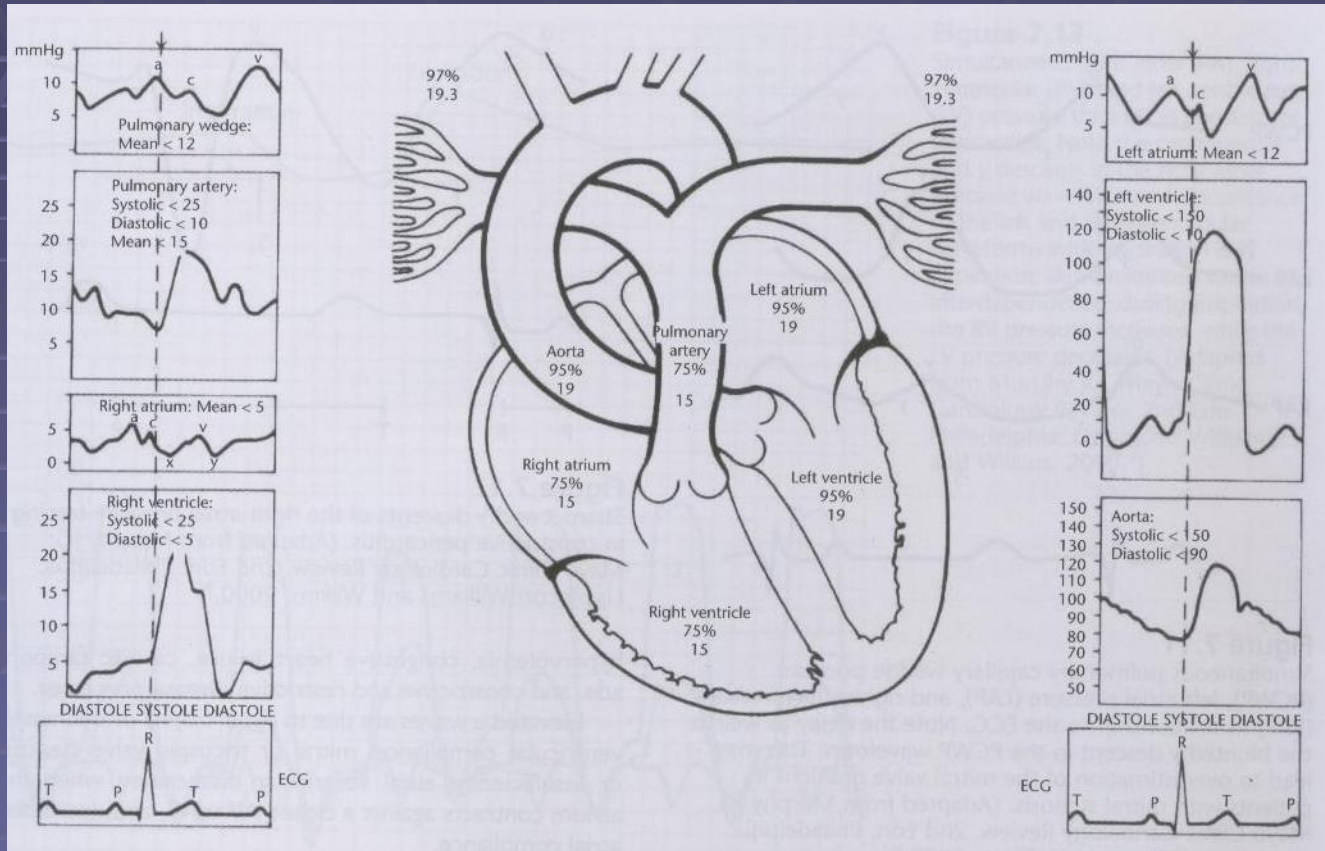
Normal basınç ve vasküler dirençler

Pressures	Average (mm Hg)	Range (mm Hg)
Left ventricle		
peak systolic	130	90-140
end-diastolic	8	5-12
Central aorta		
peak systolic	130	90-140
end-diastolic	70	60-90
mean	85	70-105
Vascular Resistances	Mean (dyne-sec · cm⁻⁵)	Range (dyne-sec · cm⁻⁵)
Systemic vascular resistance	1100	700-1600
Total pulmonary resistance	200	100-300
Pulmonary vascular resistance	70	20-130

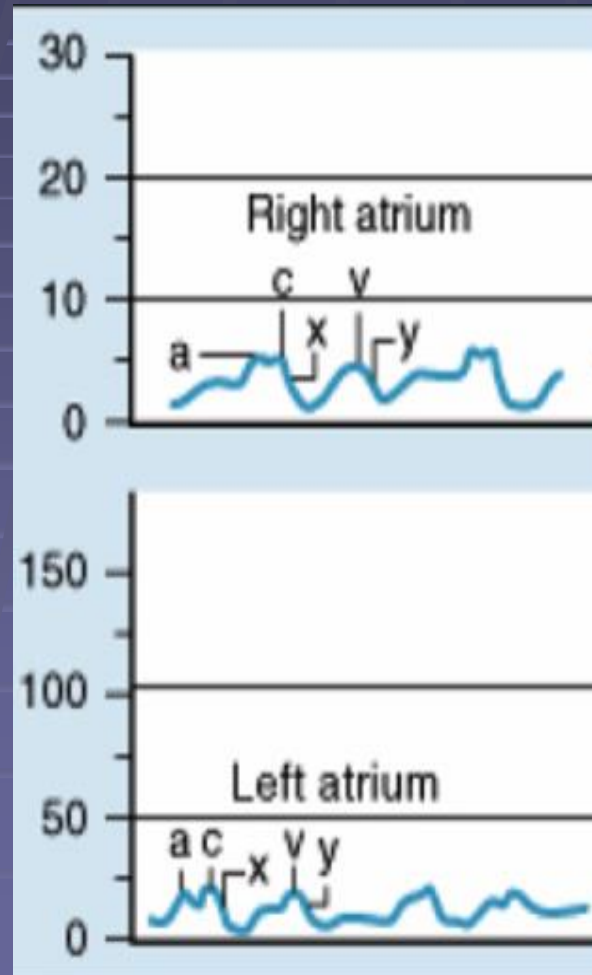
Normal basınç dalgaları



Normal basınç dalga ve ölçümleri



Atrium basıncı



Yüksek ortalama atrium basıncı

- AV kapak darlığı veya yetersizliği
- Soldan sağa şant
- Hipervolemi
- Konjestif kalp yetersizliği
- Kardiak tamponat
- Konstriktif perikard veya restriktif miyokard hastalıkları.

Düşük ortalama atrium basıncı

- Hipovolemi
- Basınç sıfırlama artefaktı

Yüksek a dalgası

- Hipertrofi veya ventrikül kompliansı azalmış olan durumlar
- Mitral veya triküspit darlığı
- Mitral veya triküspit yetersizliği
- AV dissociation (atrium kapalı AV kapağa karşı kasılırsa)

a Dalgası kaybolması

- Atrial arrest
- Atrial fibrillasyon
- Atrial flutter
- c-v dalgaları büyük olan kişilerde göreceli a dalgası ufak görülür.

Yüksek v dalgası

- Akımın arttığı durumlar (ASD, VSD gibi)
- AV kapak yetersizliği
- Atrial fibrilasyon

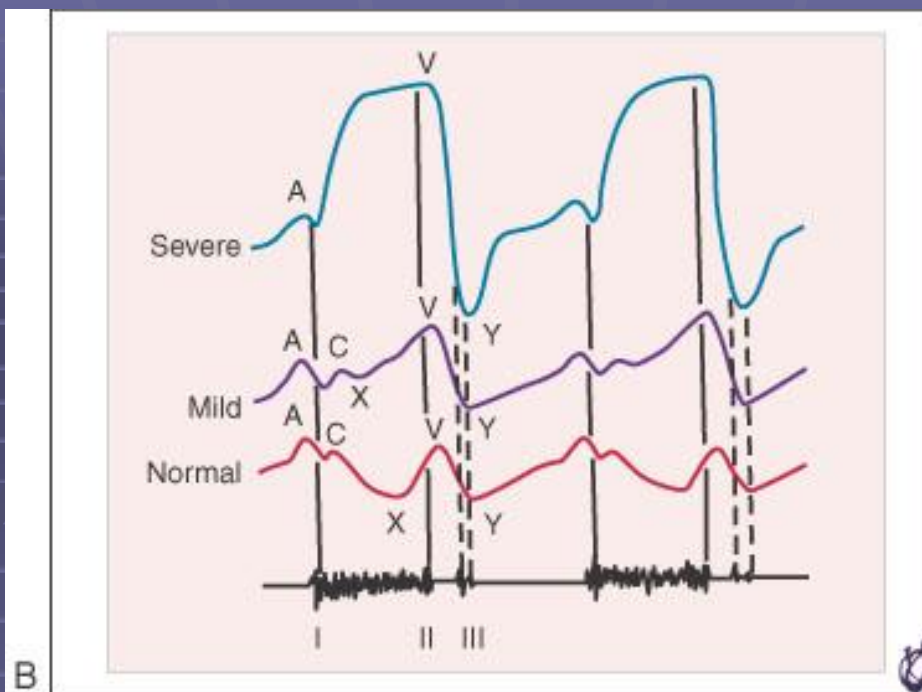
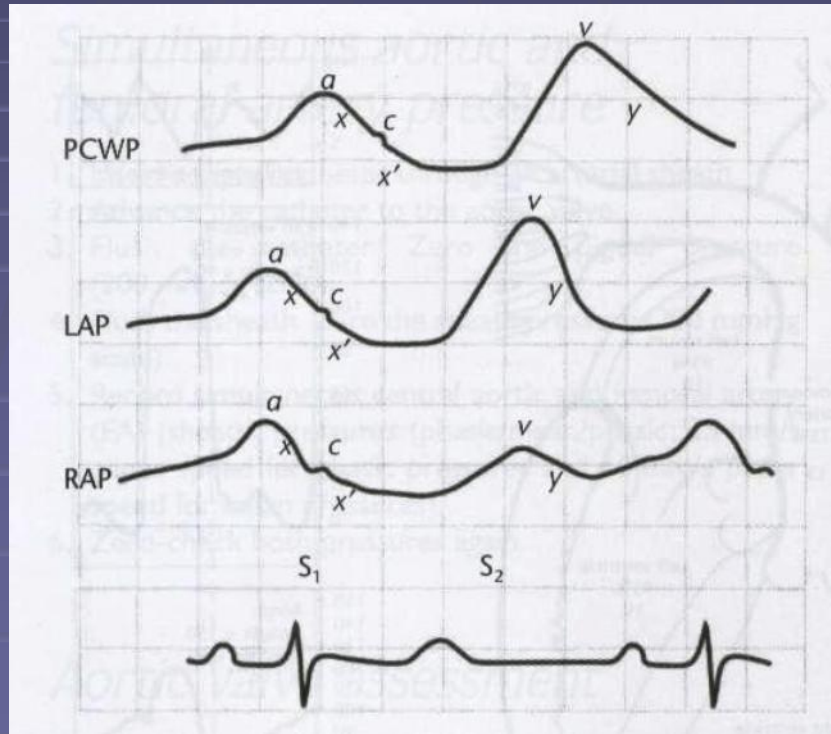


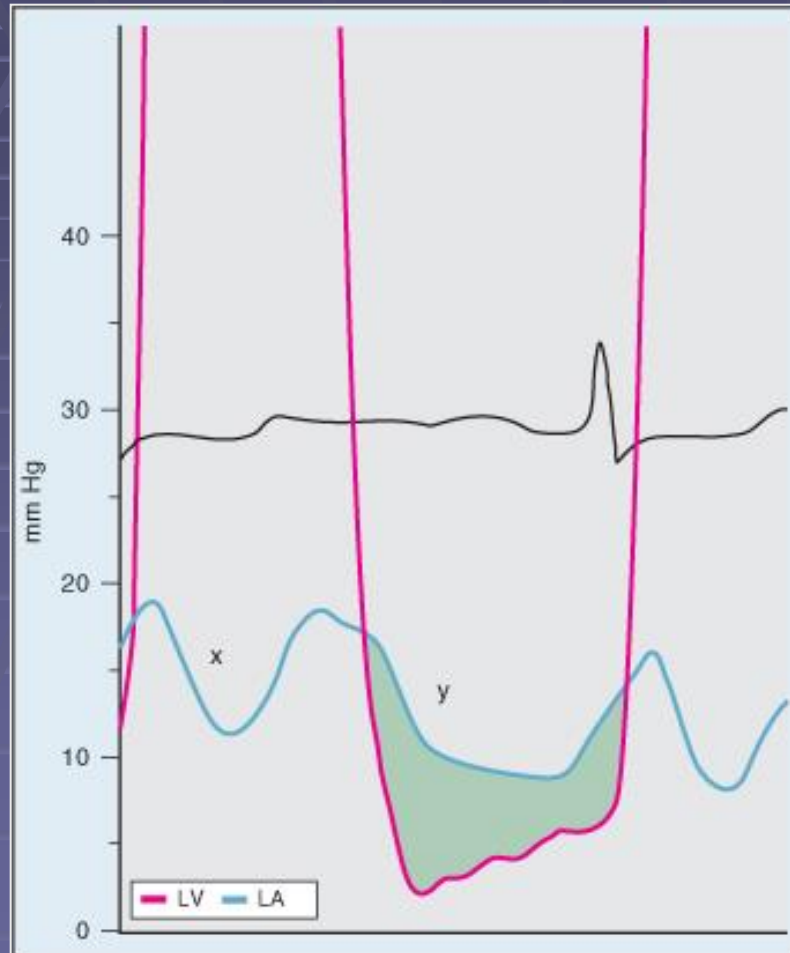
FIGURE 11-4B Abnormal jugular venous waveforms. **A**, Large *a* waves associated with reduced right ventricular (RV) compliance or elevated RV end-diastolic pressure. Phonocardiographic tracing (**below**) shows timing of the corresponding right-sided S₄. **B**, Normal jugular venous waveform (**bottom**), mild tricuspid regurgitation (TR) (**middle**) and severe TR (**top**), with corresponding phonocardiogram. With severe TR, there is "ventricularization" of the jugular venous waveform, with a prominent V wave and rapid Y descent. The X descent is absent. **C**, Jugular venous waveform in constrictive pericarditis with a prominent Y descent. Note the timing of the pericardial knock (K) relative to S₂. The abrupt rise in pressure after the nadir of the Y descent is due to the rapid rise in venous pressure with ventricular filling. ECG = electrocardiogram; JVP = jugular venous pulse.

(From Abrams J: *Synopsis of Cardiac Physical Diagnosis*, 2nd ed. Boston, Butterworth Heinemann, 2001, pp 25-35.)

Pulmoner kapiller köşe basıncı (PCWP)

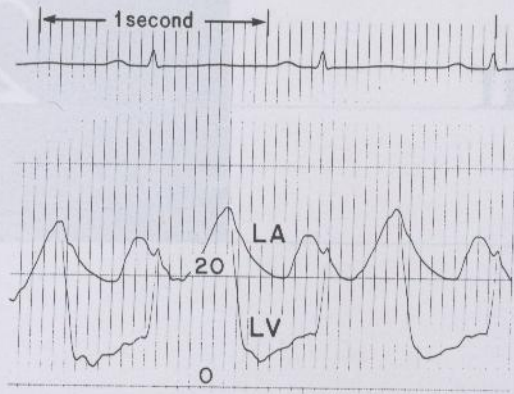


Ortalama mitral gradient

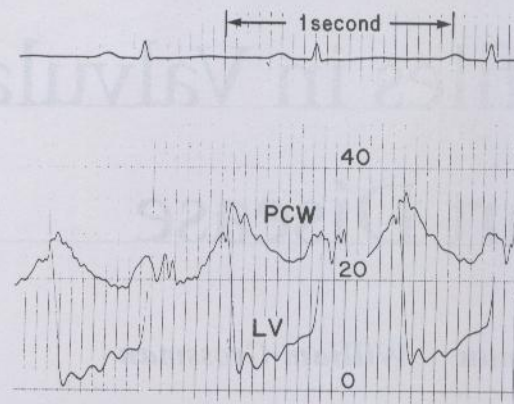


Copyright 2005 by Elsevier Science

LA-LV Pressure Gradient



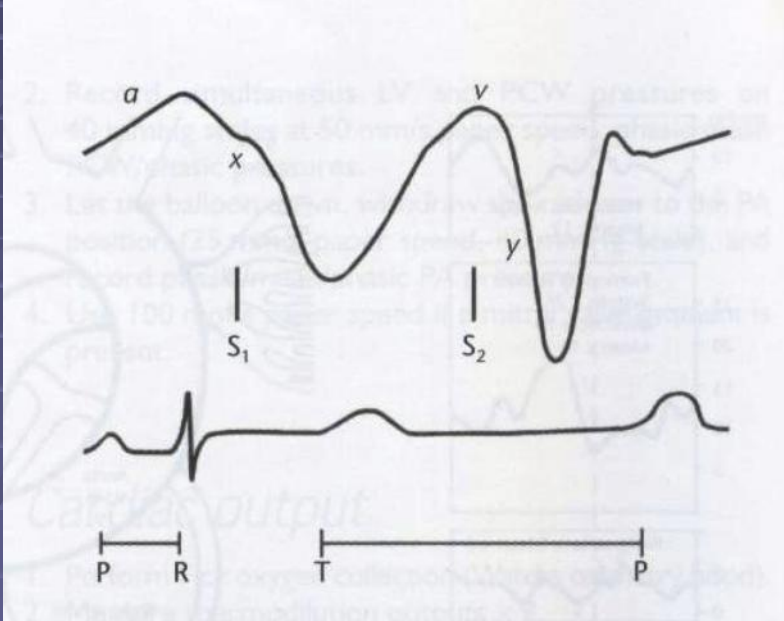
PCW-LV Pressure Gradient



Yüksek v dalgası PCWP

- Ciddi mitral yetersizlik
- İnfiltratif kalp hastalıkları
- Kompliansın azaldığı romatizmal kapak hastalıkları
- Post op kalp ameliyatları

Konstriktif perikardit



- Abartılı x ve y çökmesi konstriktif p ve restriktif KMP.
- Abartılı x çökmesi kardiyak tamponat.
- Sağ ve sol atrium basınçları ASD, konstriktif perikardit ve kardiyak tamponatta eşitlenir.
- Konstriktif p sağ atrium basıncı inspiryumda artar.

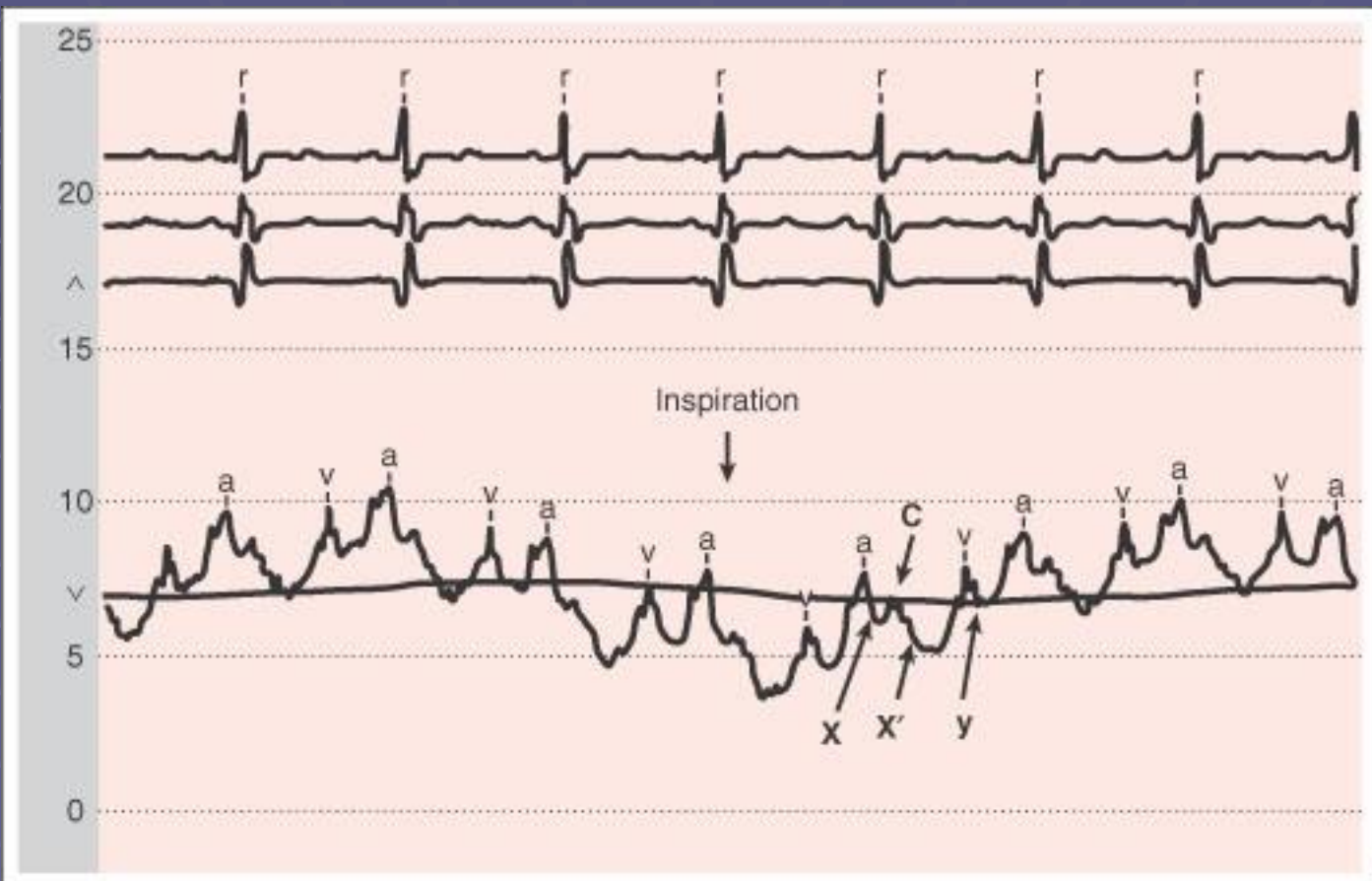
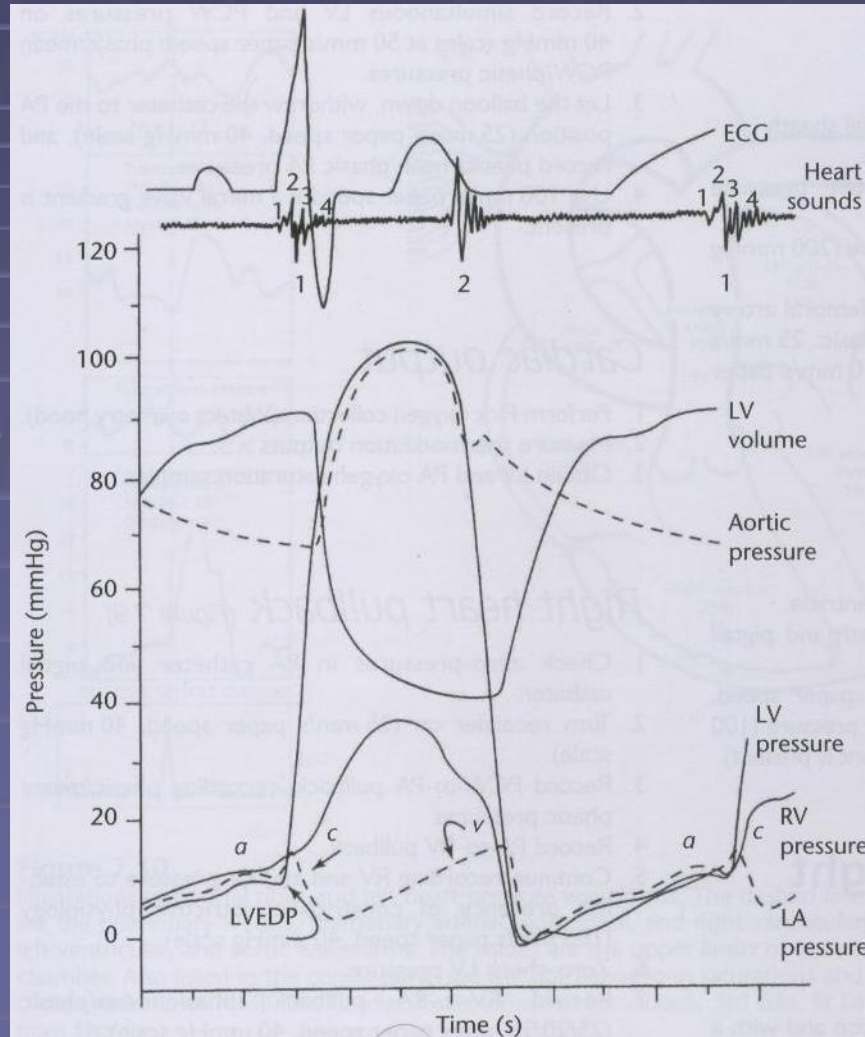


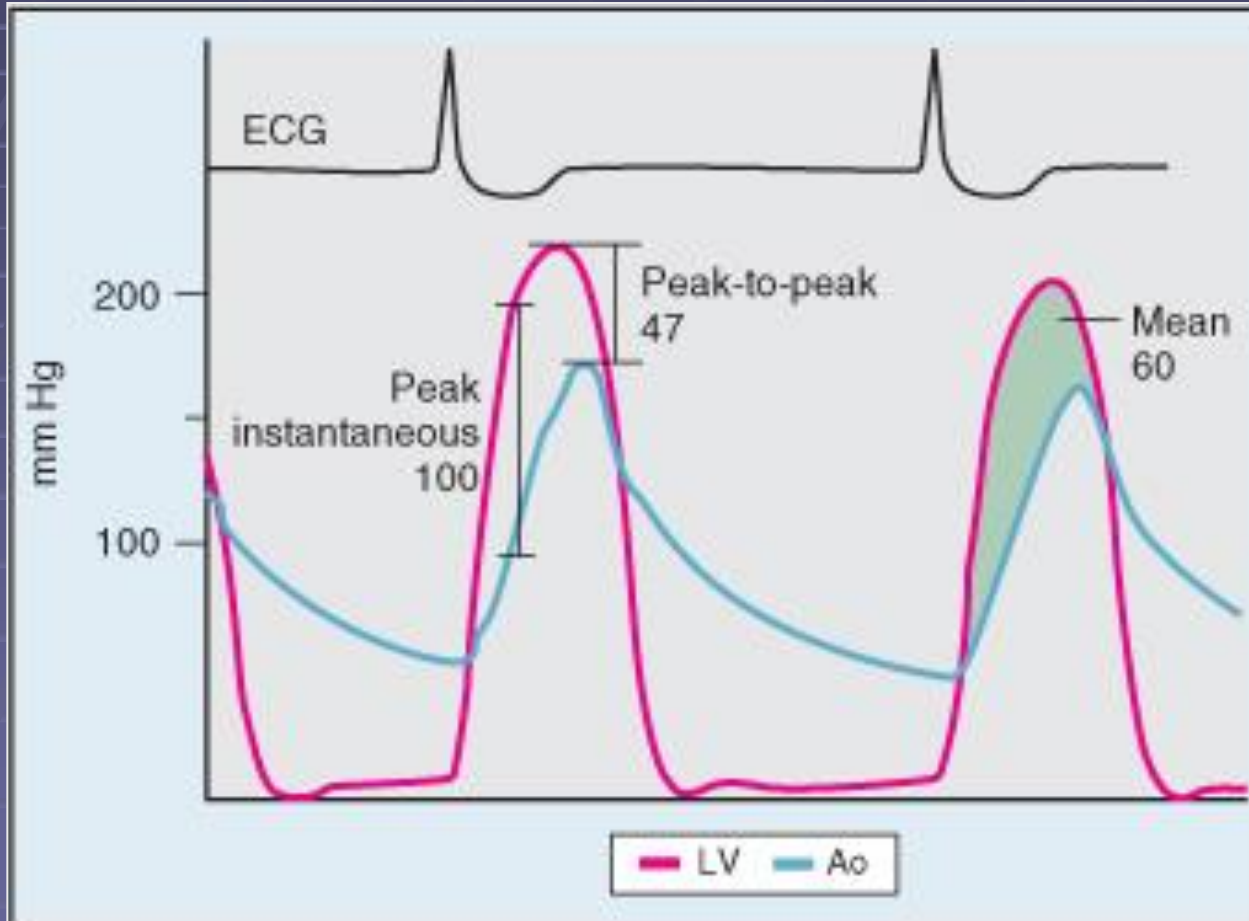
FIGURE 11-1 The normal jugular venous waveform recorded at cardiac catheterization. Note the inspiratory fall in pressure and the dominant X/X' descent.

© Copyright 2008 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc.

Ventrikül ve büyük damar basınçları



Ortalama aortik gradient



Copyright 2005 by Elsevier Science

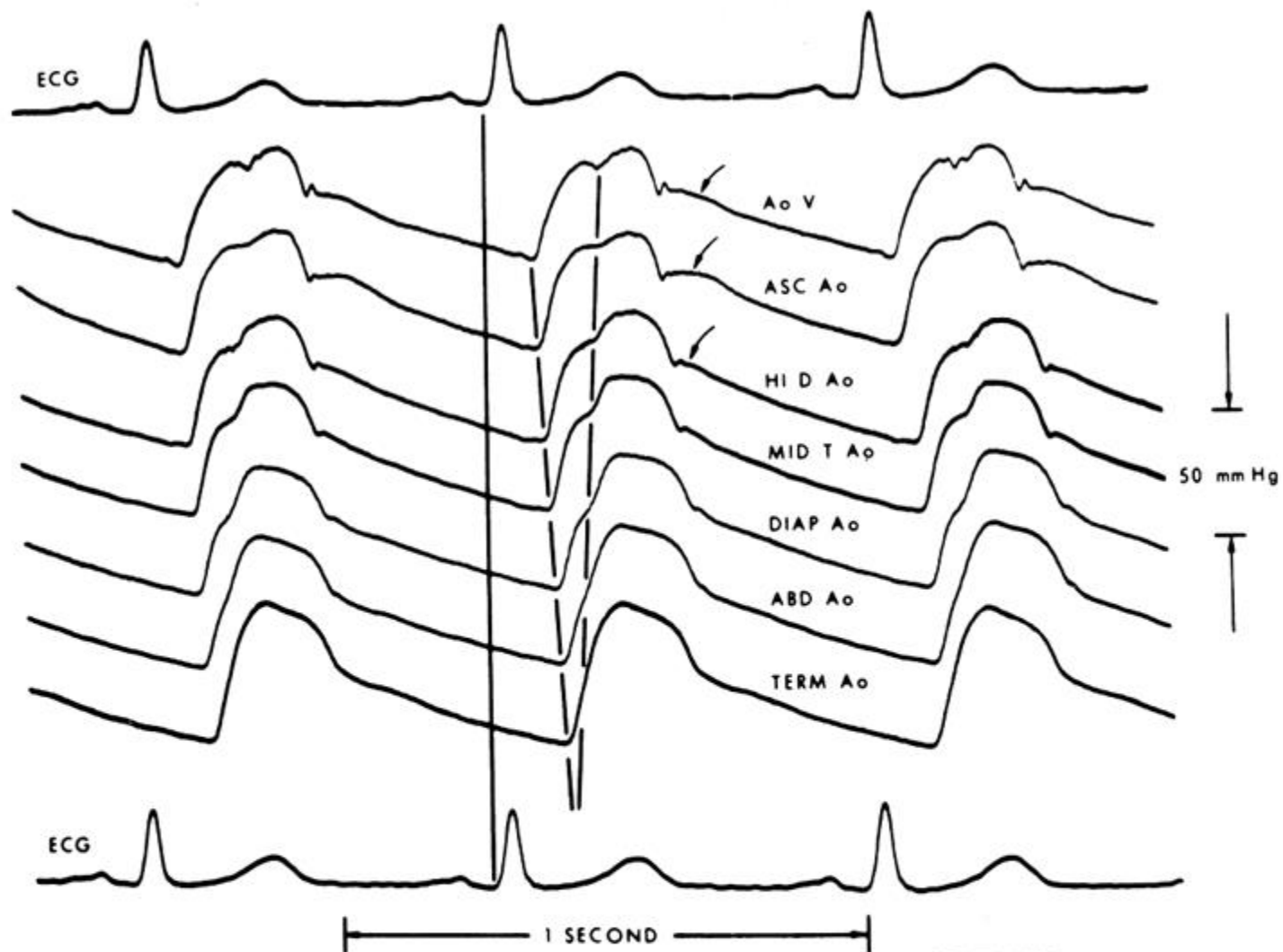


Figure 7.15 Pressure waveforms in a patient undergoing cardiac catheterization, as a function of distance from the aortic valve (Ao V). Ao, aorta; ASC, ascending; Hi D, high descending; MID T, midthoracic; DIAP, diaphragmatic; ABD, abdominal; TERM, just above aortic bifurcation; ECG, electrocardiogram. First vertical line marks onset of primary (forward) pressure wave, which occurs progressively later after the QRS complex with increasing distance from the aortic valve. Second vertical line marks onset of secondary pressure rise associated with the backward or reflected pressure wave. See text for discussion. (From Murgo JP, Westerhof N, Giolma JP, et al. Aortic input impedance in normal man: relationship to pressure wave forms. *Circulation* 1980;62:105, with permission.)

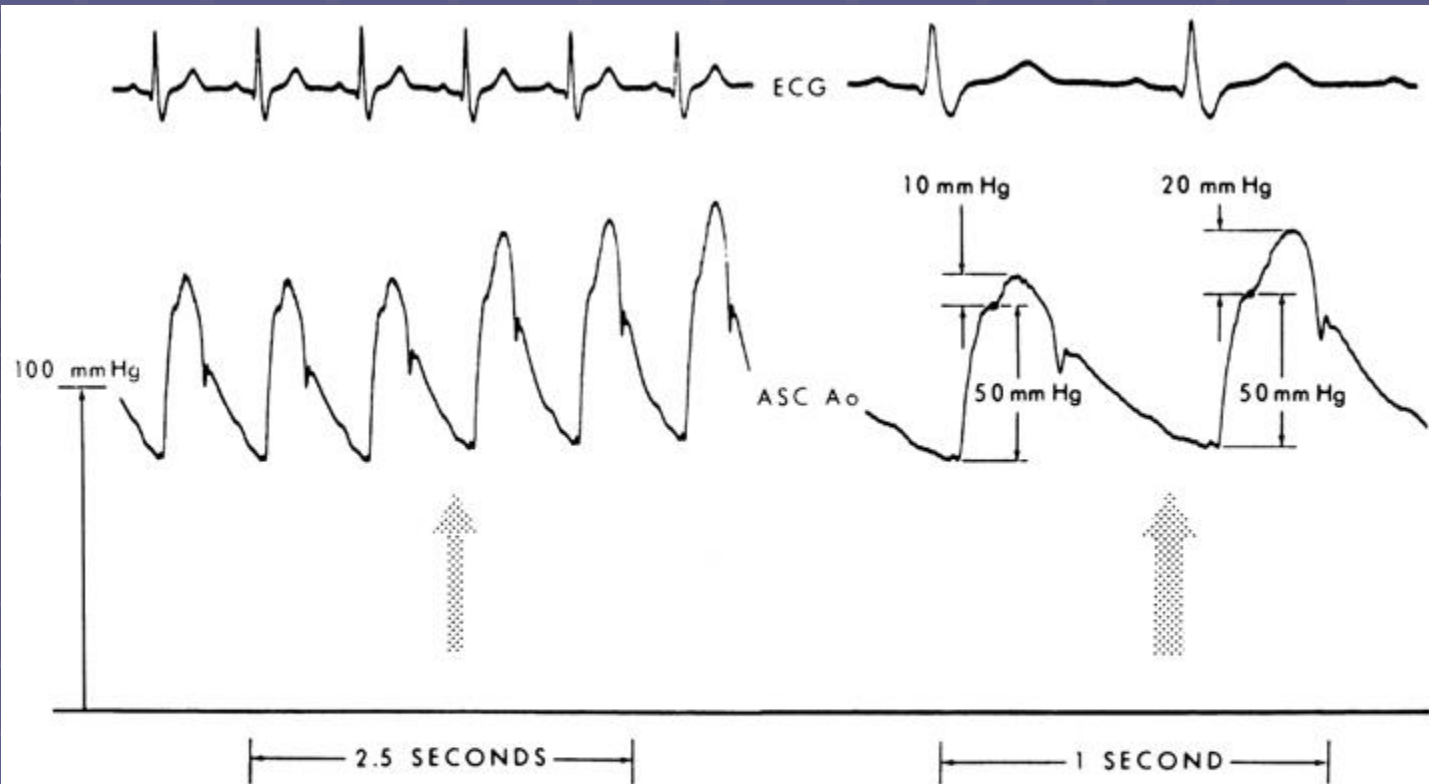


Figure 7.12 Ascending aortic (ASC Ao) pressure waveform in a patient before and after bilateral occlusion of the femoral arteries by external manual compression (*left arrow*). On the right, high-speed recordings show that the major portion of the increase in pressure results from augmentation of the late (reflected) wave. ECG, electrocardiogram. (From Murgu JP, Westerhof N, Giolma JP, et al. Aortic input impedance in normal man: relationship to pressure wave forms. *Circulation* 1980;62:105, with permission.)

Yüksek ventrikül sistolik basınçları

- Pulmoner veya sistemik hipertansiyon
- Pulmoner darlık, aort darlığı
- Aort yetersizliği

Düşük ventrikül sistolik basınçları

- Kalp yetersizliği
- Hipovolemi
- MI
- Tamponat

Yüksek ventrikül diyastol sonu basınçları

- Hipervolemi
- Hipertrofi
- Kalp yetersizliği
- Tamponat
- Aort yetersizliği

Düşük ventrikül diyastol sonu basınçları

- Mitral darlık
- Triküspit darlık
- Hipovolemi

Pulmoner arter basıncını arttıran durumlar

- Primer veya sekonder PHT
- Soldan sağa şuntlar
- Periferik pulmoner darlık
- Mitral darlık, yetersizlik, kalp yetersizliğine bağlı.

Pulmoner arter basıncını düşüren durumlar

- Hipvolemi
- Valvular veya subvalvular pulmoner darlık.
- Ebstein's anomalisi
- Hipoplastik sağ kalp synd.
- Triküspit darlık ve atrezi.

Aort nabız basıncı genişleme

- Arteriel hipertansiyon
- Aort yetersizliği
- Sol-sağ Şant

Aort nabız basıncı daralma

- Aort darlığı
- Kalp yetersizliği
- Tamponat
- Şok

Özel nabızlar

- Pulsus Bisferiens: Çift çentikli aort basıncı
Aort yetersizliği, obstruktif KMP
- Pulsus paradoksus: Tamponat
- Pulsus parvus et tardus: Geç ve yavaş yükselen basınç: Aort darlığı.
- Pulsus alternans : Güçlü yavaş atım; kalp yetersizliği, KMP

Konstriktif perikardit

- Sağ ve sol vent. Diastol sonu basıçları eşitlenir.
- LVEDP-RVEDP < 5 mmHg
- PA basıncı < 60 mmHg
- RVEDP $> 1/3$ RV sistolik p
- Kussmaul belirtisi: sağ atrium basıncı nefes almakla düşmez.
- PCWB ve LVEDP arası p inspiyumla > 5 mmHg artar
- İnspiyumla sağ vent. basıncı artar sol vent basıncı azalır.

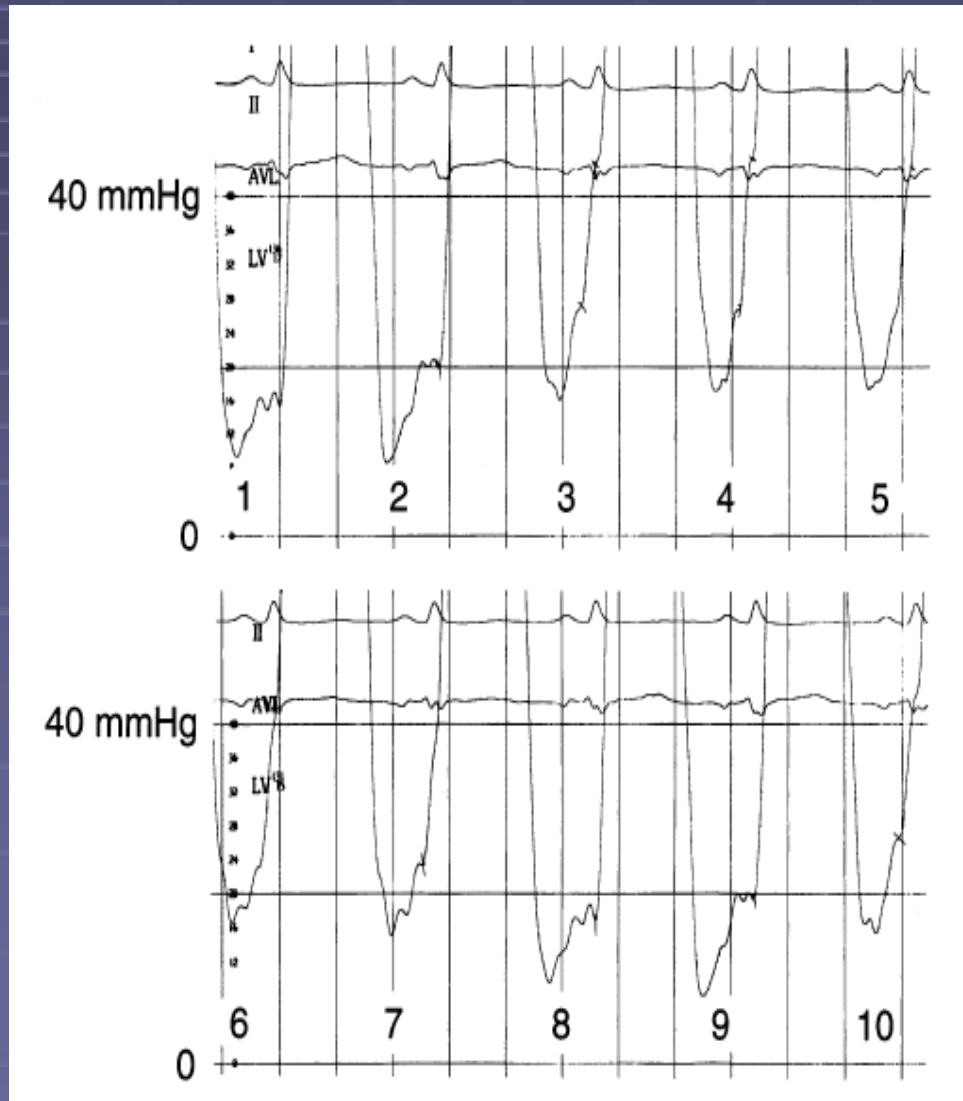
Konstriktif Perikardit



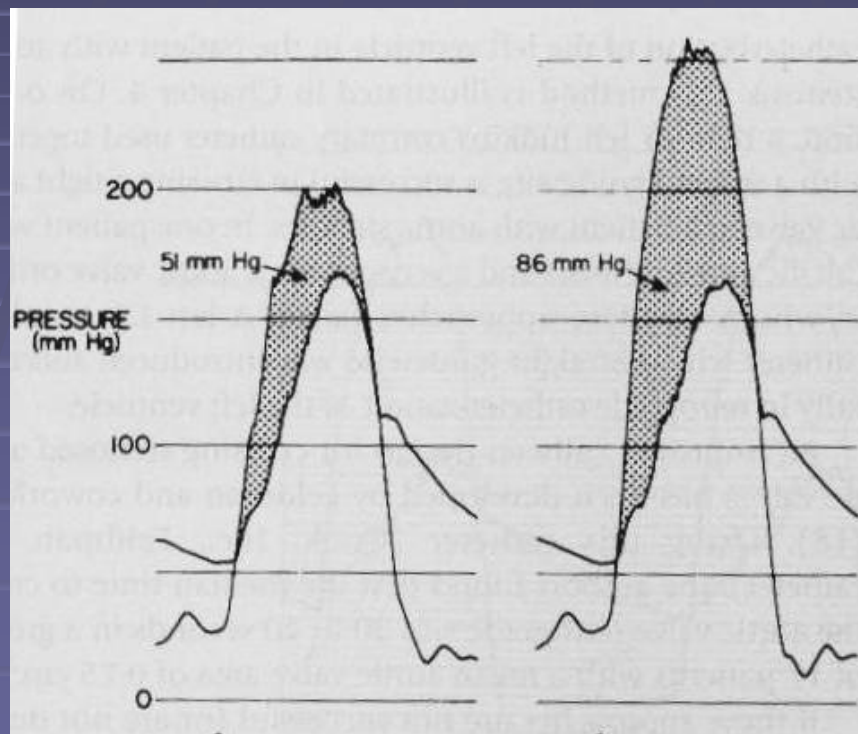
Restriktif KMP

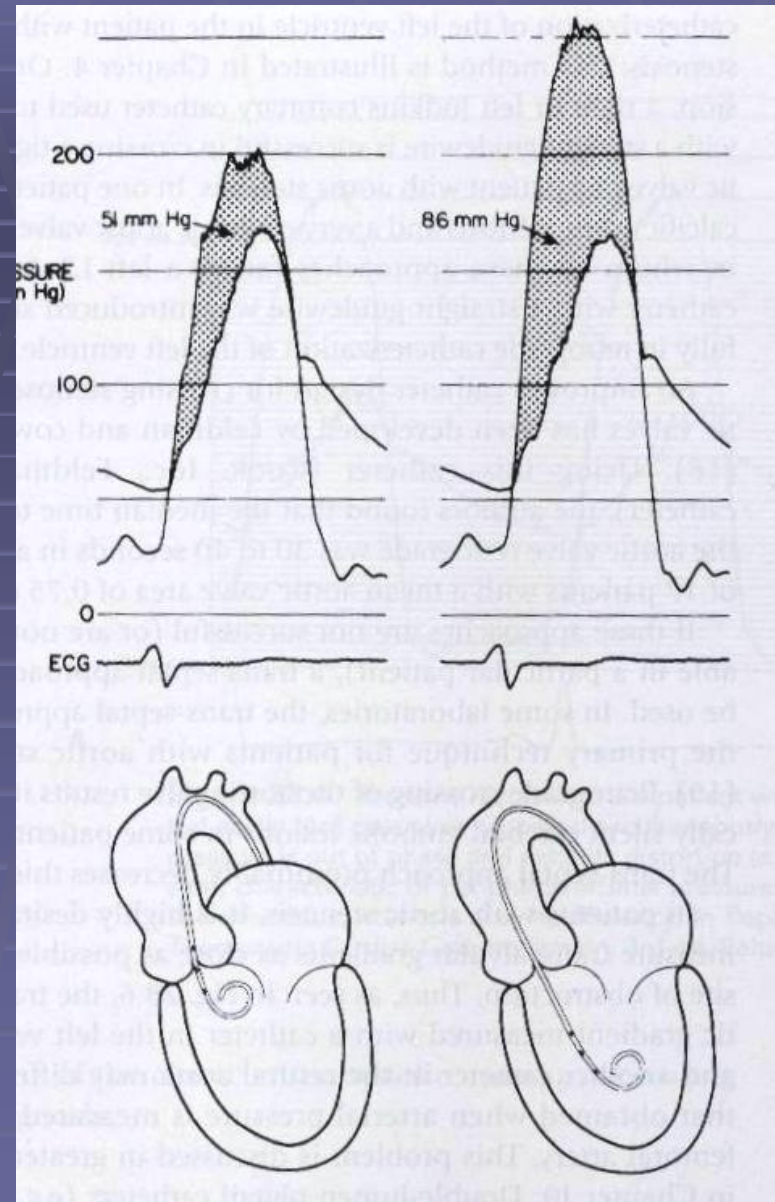
- Sağ ve sol vent. Diastol sonu basıçları arası biraz fark vardır.
- LVEDP-RVEDP > 5 mmHg
- PA basıncı > 60 mmHg
- RVEDP $< 1/3$ RV sistolik p
- Sol vent. Ve sağ vent basınçları inspiyumla eşit olarak azalır ve artar.

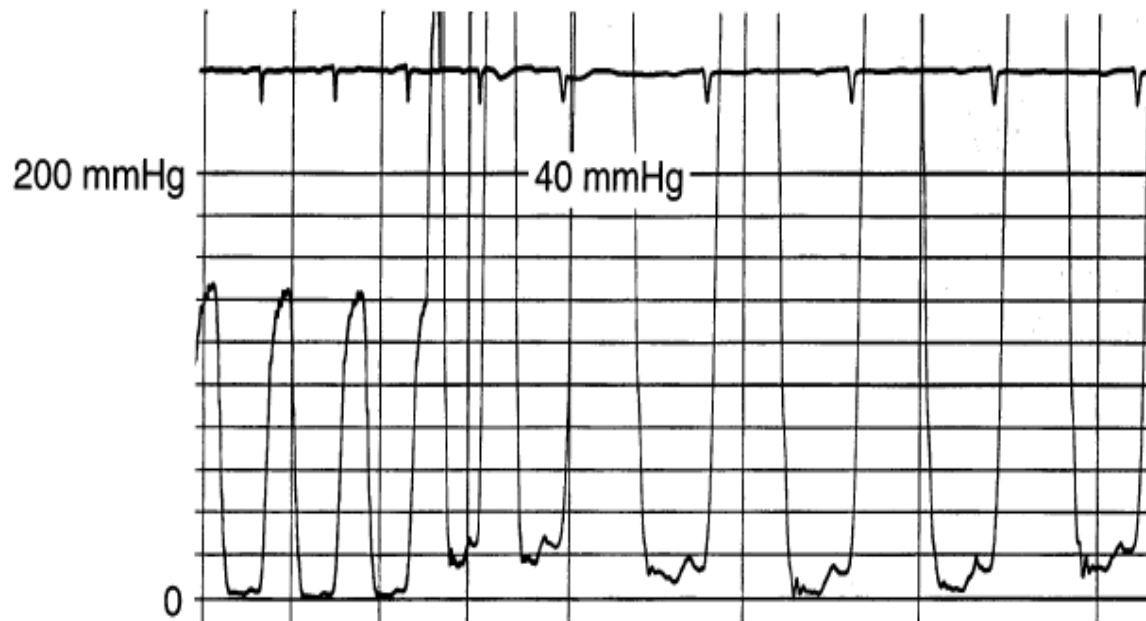
Soru 1



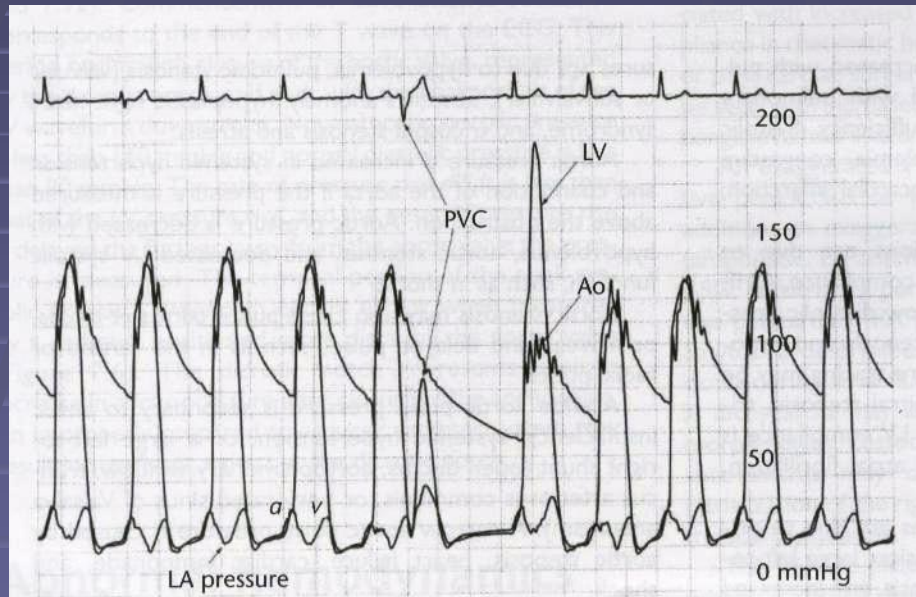
Soru 2



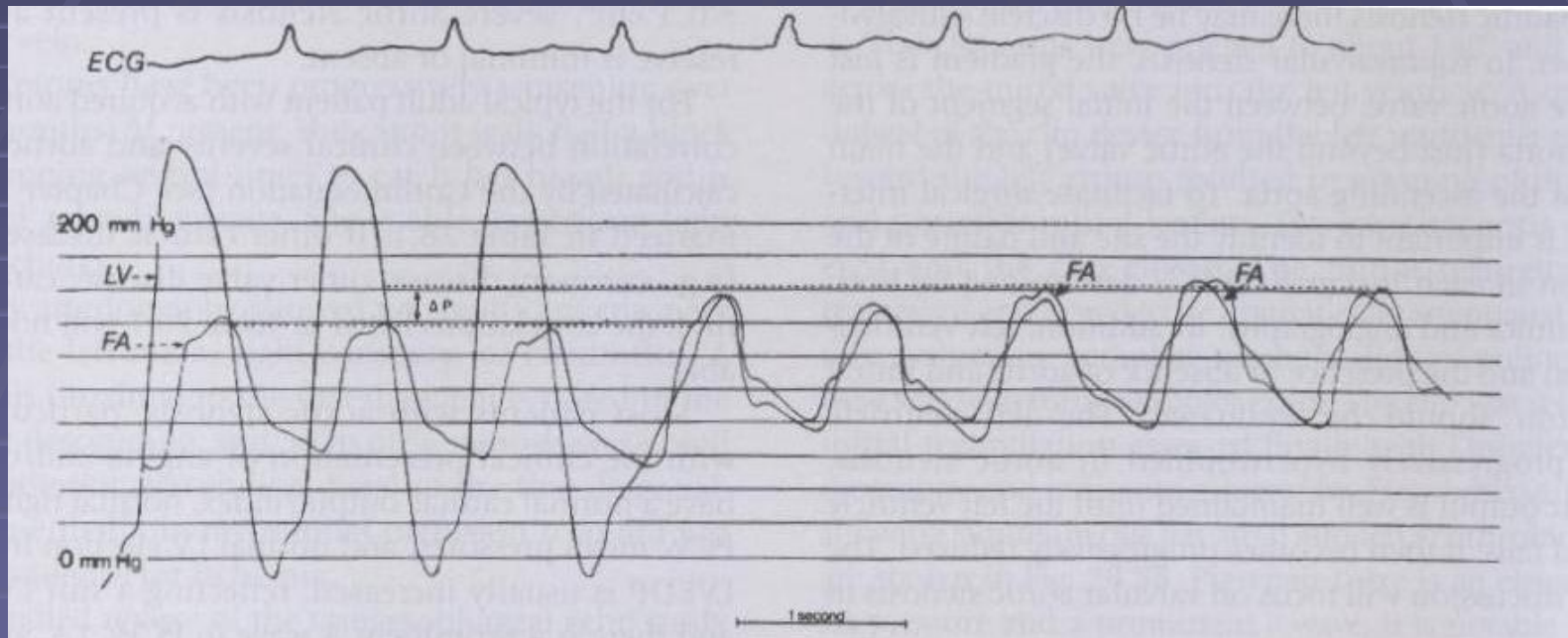




Soru 3



Soru 4



Kalp debisi ölçümleri

- İndikatör dilüsyon tekniği
- Termodilüsyon tekniği
- Fick metodu

İndikatör dilüsyon tekniği

- Yüksek kardiyak debili durumlarda en doğru ölçümü yapar.
- Ritim bozukluklarından etkilenir.
- Kapak kaçaklarından ölçüm etkilenir

Termodilasyon tekniği

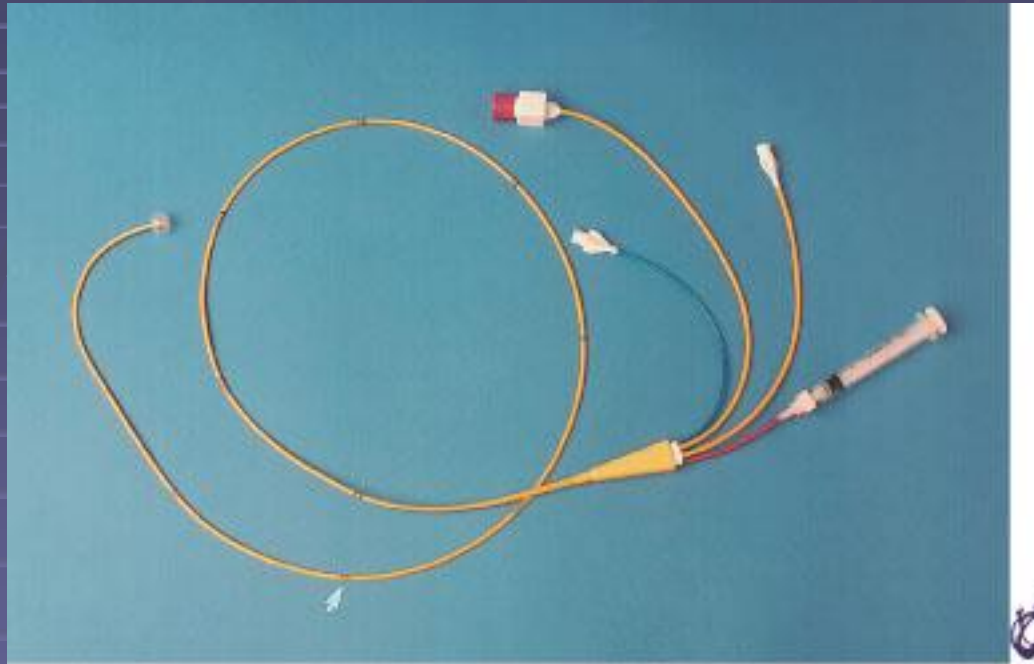
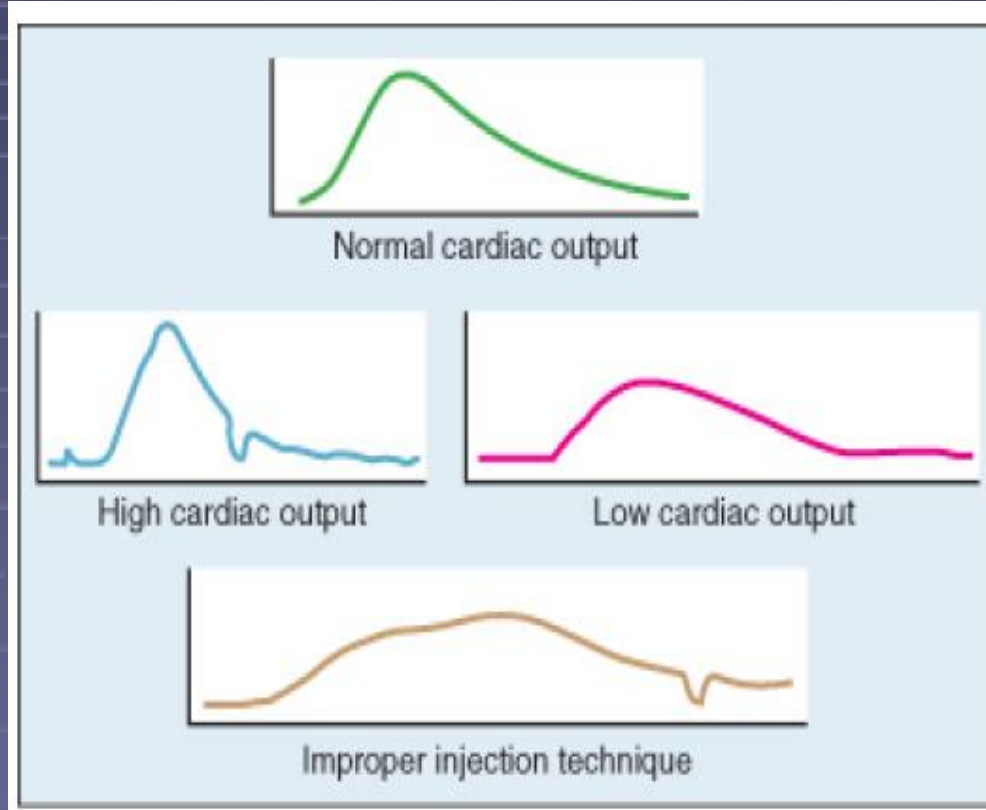


FIGURE 19–2 Typical Swan-Ganz catheter. Proximal ports, left to right, are proximal injection hub, thermistor connector, distal lumen hub, and balloon inflation valve with syringe. The distal end of the catheter has a balloon and a distal end-hole. The proximal injectate port exits 30 cm from the distal lumen (arrow). The thermistor lies just proximal to the balloon.

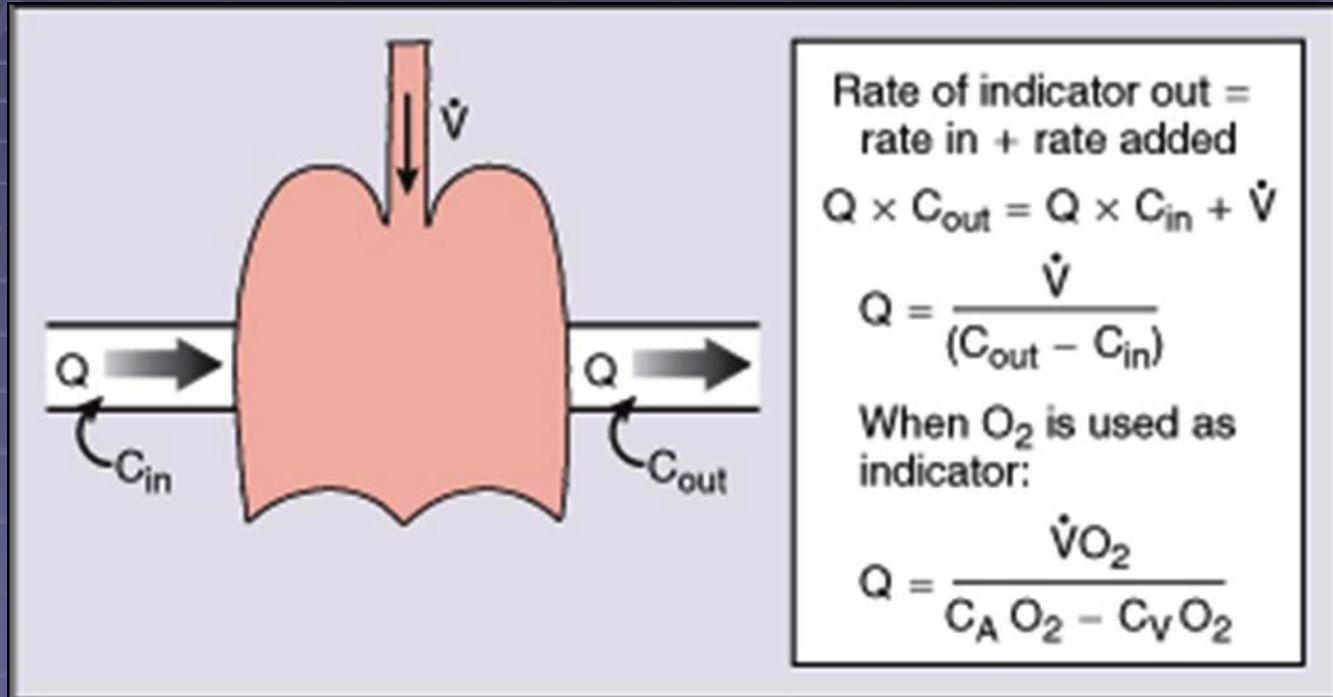
© Copyright 2008 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc.

Termodilisyon kalp debisi eęrileri



Düşük kardiyak debili durumlarda ve ciddi triküspit kaçağı olan durumlarda yanlış sonuç verir

Fick Metodu



Düşük debili yetmezliklerde ve ritim düzensizliklerinde en uygun ölçüm metodu

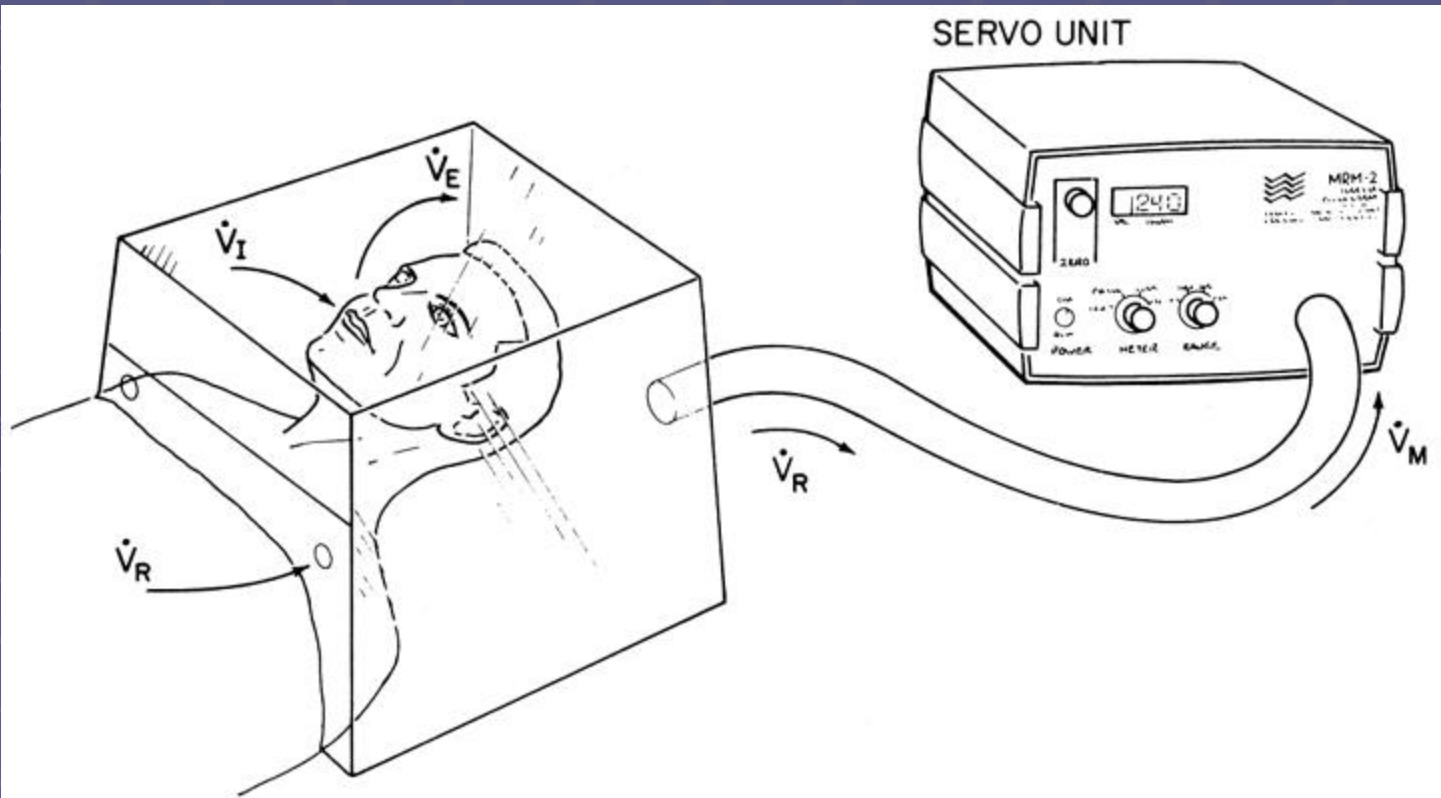


Figure 8.4 Measurement of O_2 consumption by a polarographic cell technique using the Waters Instruments metabolic rate meter (MRM). A transparent hood fits snugly over the patient's head, resting on a pillow. Air enters the hood through holes in a plastic sheet at a flow rate of \dot{V}_R . The patient's inspiratory (\dot{V}_I) and expiratory (\dot{V}_E) flow rates subtract and add to \dot{V}_R to yield \dot{V}_M , the flow rate leaving the hood and entering the servo unit. A blower motor in the servo unit adjusts \dot{V}_M to keep the O_2 sensed by a polarographic cell constant. (See text for details.)

Varsayılan Fick metodu

Tahmini ; $125/\text{ml/dak}/\text{m}^2 \times \text{Vücut yüzey alanı}$

O_2 tüketimi (ml/dak)

Kalp Debisi (L/dak) = $\frac{\text{O}_2 \text{ tüketimi (ml/dak)}}{\text{AV O}_2 \text{ farkı (ml/L)}}$

AV O_2 farkı (ml/L)

Arteriel – mixed venöz (pulmoner arter) oksijen içeriği

Oksijen içeriği: $\text{oksijen saturasyonu} \times 1.36 \times \text{hemoglobin (g/dl)} \times 10$

Normal değerler: 3,0-4,5 mL/dL

Kardiak indeks (L/dak/m²)= Kalp Debisi (L/dak) / Vücut yüzey alanı (m²)

Atım Hacmi = Kalp Debisi (L/dak) / kalp hızı (dak)

Atım indeksi = Atım Hacmi / Vücut yüzey alanı (m²)

Atım işi = Ort. sol ventrikül sistolik basıncı – Ort. sol ventrikül diastolik basıncı
x Atım hacmi x 0.0144

Yöntem	Güvenilirlik	Hata payı fazla
Fick	Düşük kalp debisi	Yüksek kalp debisi
Termodilasyon	Yüksek kalp debisi	Pulmoner Y Triküspit Y Kalp içi şant
İndikatör dilasyon	Yüksek kalp debisi	Aort Y Mitral Y Düşük kalp Debisi Kalp içi şant

Vasküler direncin hesaplanması

- Damar yapılarında iki ayrı nokta arasında basınç veya kan akımı azalma oranı vasküler direnç olarak isimlendirilebilir.
- Damar yatağı proksimal, distal uçları arasında ortalama basınçların ölçülmesi ve kalp debisi ölçülmesi gereklidir.
- Direnç (dyne-sec.cm^{-5}) =
ort.basınç Grad. (dyne/cm^2) / ort. akım(cm^3/sec)
- Woods ünitesi = HRU hibrit resistans ünitesi
- $\text{dyne-sec.cm}^{-5} = \text{Woods} \times 80$

Woods ünitesi

$$\text{Pulmoner vasküler R (PVR)} = \frac{\text{Ort. PAB} - \text{ort. Sol atrium B (Pulmoner köşe basıncı)}}{\text{Kalp Debisi}}$$

$$\text{Total pulmoner R (TPR)} = \frac{\text{Ortalama pulmoner arter basıncı}}{\text{Kalp Debisi}}$$

$$\text{Sistemik vasküler R (SVR)} = \frac{\text{Ort. aort basıncı- ort. sağ atrium basıncı}}{\text{Kalp Debisi}}$$

Normal vasküler direnç deęerleri

Vasküler direnç	ortalama dyne-sec.cm ⁻⁵	sınırlar dyne-sec.cm ⁻⁵	ortalama woods	sınırlar woods
Sistemik vasküler R	1100	700-1600	13,75	8,75-20
Total pulmoner R	200	100-300	2,5	1,25 –3,75
Pulmoner vasküler R	70	20-130	0,875	0,25-1,63

Vasküler direnci etkileyen faktörler

- Kan viskozite değişiklikleri
 - Htc %43 → %63 PVR iki kat artar.
 - Anemi PVR ↓
- Damar yatağının çapında olan değişiklikler

Sistemik vasküler direnç

- Hipotansiyon ve kardiyak output ↓
baroreseptörleri, neurohumoral sistemi aktive eder. → SVR↑
- AV fistül, ciddi anemi, yüksek kardiyak debili diğer durumlar(sepsis, tirotoksikoz)
SVR↓

Pulmoner vasküler direncin yüksek olduğu durumlar

- Eisenmenger S
- Akciğer hastalığına ikincil
- Miyokard veya kapak hastalığına bağlı kalp yetersizliğine ikincil.

Pulmoner vasküler direnci artırabilecek diğer faktörler

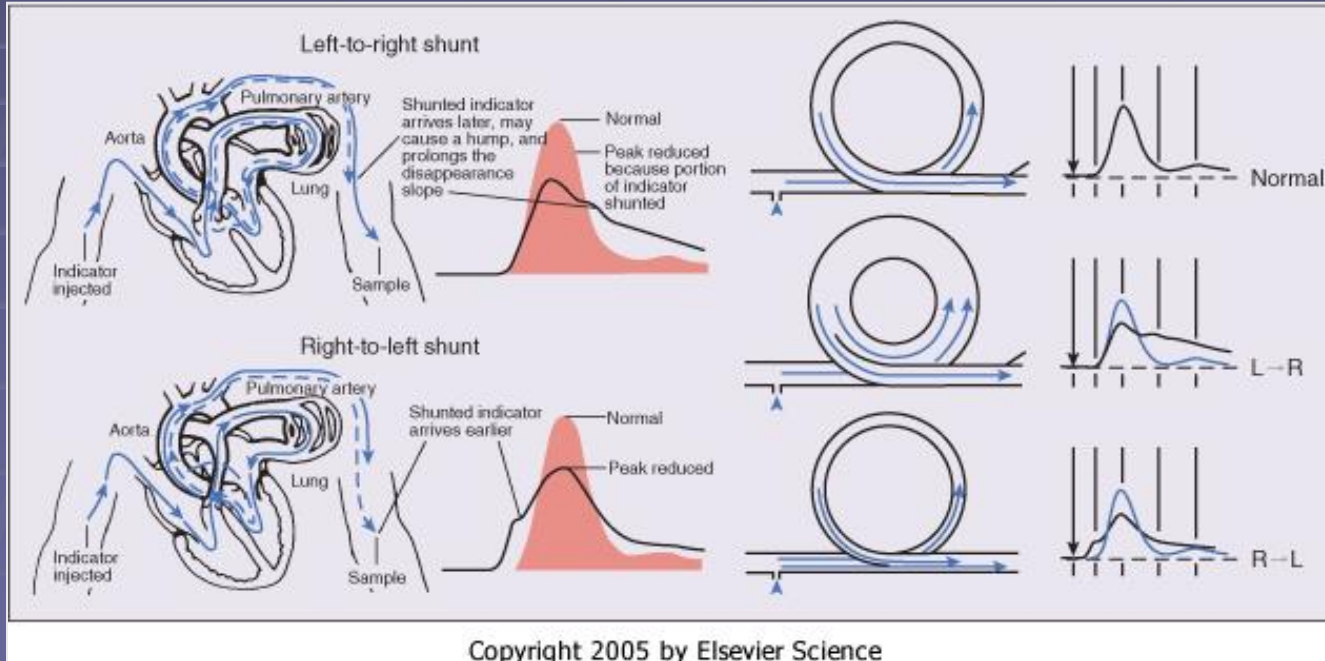
- Hiperkapni
- Hipoksi
- Sempatik tonus artışı
- Polistemi
- Lokal serotonin salınımı
- Prekapiller pulmoner ödem
- Mekanik tıkanma
 - ❖ Plevral effüzyon
 - ❖ Mekanik solunum

Pulmoner vasküler direnci azaltan faktörler

- Oksijen
- Adenozin
- Epoprostenol
- Na nitroprusside
- İsopreterenol
- İnhal nitrik oksitler
- Prostosiklin infüzyonu
- α -Antagonistleri
- Kalsiyum kanal blokörleri

Şant hesaplanması

- İndikatör Dilisyon tekniği
- Oximetrik ölçüm (küçük şantları ($< \%20$) ölçmez)



Oksimetrik ölçüm

Soldan sağa şantlar

Şant bölgesi	En erken step up bölgesi
Atrial septal defekt	
Primum (düşük)	Sağ atrium,sağ ventrikül
Sekundum (orta)	Sağ atrium
Sinüs venosus (Yüksek)	Sağ atrium
Parsiyel anormal v dönüş	Sağ atrium
Ventriküler septal defekt	
Membranöz (yüksek)	Sağ ventrikül
Müsküler (orta)	Sağ ventrikül
Apikal (Düşük)	Sağ ventrikül
Aorto pulmoner pencere	Pulmoner arter
Patent ductus arteriosus	Pulmoner arter

Soldan sağa şant

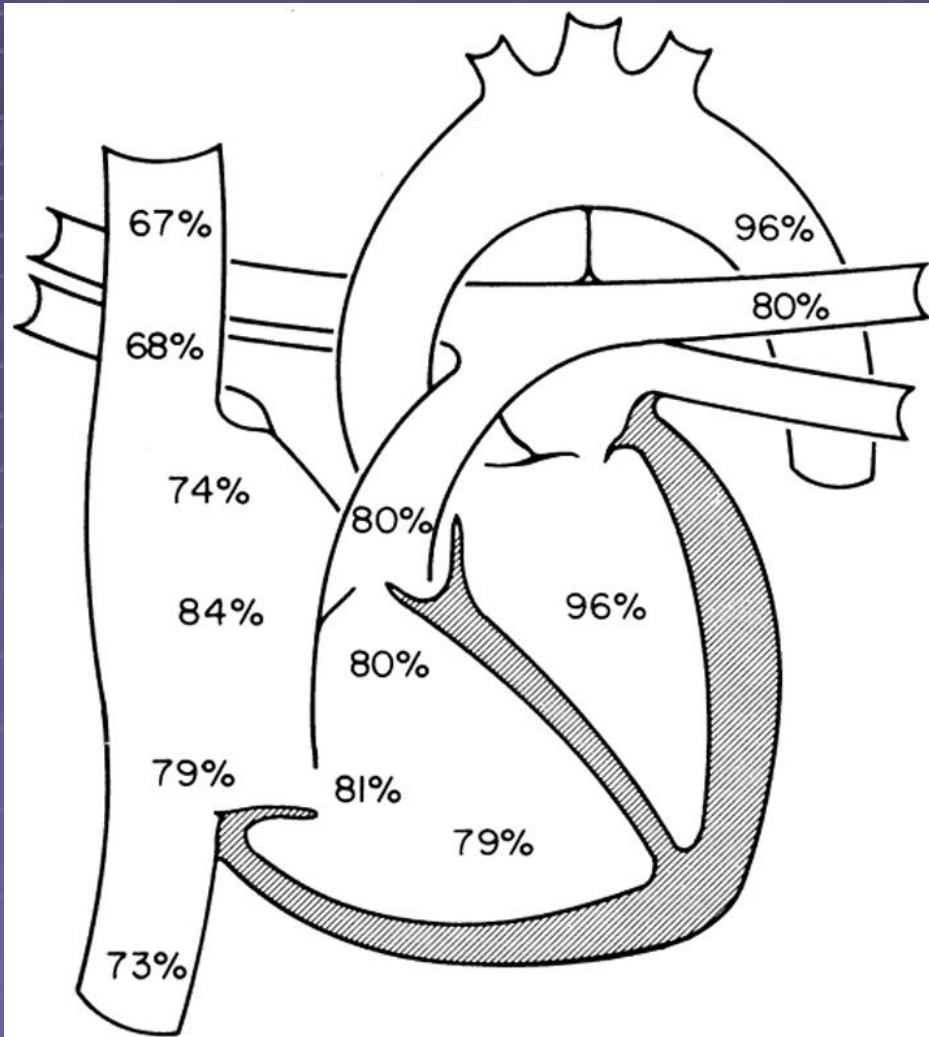


Figure 9.1 Schematic representation of the results of an oximetry run in a patient with a small to moderate atrial septal defect. Values represent percentage O₂ saturation of blood at multiple locations. (See text for details.)

PA-SVC > %8 Sat

Şant hesaplanması

Pulmoner kan akımı (Q_p) = Oksijen tüketimi / $PVO_2 - PAO_2$

PVO_2 : Pulmoner venöz oksijen içeriği

PAO_2 : Pulmoner arteriel oksijen içeriği

Sistemik kan akımı (Q_s) = Oksijen tüketimi / $SAO_2 - MVO_2$

SAO_2 : Sistemik arteriel oksijen içeriği

MVO_2 : Miks venöz oksijen içeriği

Şant oranı: Q_p / Q_s

Oksijen içeriği : $O_2 \text{ sat \%} \times (Hb / 100 \text{ ml}) \times 1,36$ (1 gr Hb 1,36 ml O_2 taşır) $\times 10$ (L O_2 miktarı)

Qp/Qs

$$Q_p = SAO_2 - MVO_2 = Art - MV$$

$$Q_s = PVO_2 - PAO_2 = PV - PA$$

Art : arteriel O2 sat

MV : miks venöz O2 sat

PV: pulmoner venöz O2 sat

PA: pulmoner arterial O2 sat

Miks venöz O2 sat = Şant proksimalinden ölçülen. ASD ise = $3 (SVC) + IVC / 4$

PV oksijen ölçülmedi ise %95 kabul edilir

Sağdan sola şant oksimetri kriterleri

Şant seviyesi	Step-up O2 % sat	minimal Qp/Qs	Step-up sebebi
Atrial SVC/IVC - RA	≥ 7	1,5 – 1,9	ASD Parsiel pulmoner abn venöz dönüş Sinüs valsalva rüptürü TY ile birlikte olan VSD Sağ atriuma koroner fistül
Ventriküler RA - RV	≥ 5	1,3 – 1,5	VSD ; PY ile birlikte PDA Primum ASD Sağ ventriküle koroner fistül
Büyük damarlar RV-PA	≥ 5	$\geq 1,3$	PDA, Aorto pulmoner pencere
Herhangi seviye SVC-PA	≥ 7	$\geq 1,5$	Yukarı dakilerin hepsi

İki yönlü şant hesaplanması (Bidireksiyonel)

Shunt olmayan durumda hipotetik efektif kan akımı
 $Q_{eff} = \text{Oksijen tüketimi} / P_{VO_2} - M_{VO_2}$

Soldan sağa şant = $Q_p - Q_{eff}$

Sağdan sola şant = $Q_s - Q_{eff}$

Qp/Qs

- $Qp/Qs < 1,5$: Sol sağ şant küçük müdahale gerekmez.
- $Qp/Qs = 1,5 - 2$: Sol sağ orta derecede şant operasyon düşük riskli ise düzeltilebilir.
- $Qp/Qs > 2$: Sol sağ şant büyük tedavi gerekli
- $Qp/Qs < 1$: Sağ sol şant pulmoner vasküler hastalık irriversible.

Kapak Alanı hesabı

$$\text{Alan (cm}^2\text{)} = \text{kapak akım hızı (ml/s)} / 44.3 C \sqrt{\text{MVG}}$$

MVG: Ortalama kapak Gr.

C=1 , Mitral kapak için C= 0,85

Mitral kapak akımı : Kalp debisi (ml/dak) / Diastolik dolma süresi (s /dak)

Aortik kapak akımı: Kalp debisi (ml/dak) / Sistolik ejeksiyon süresi (s/dak)

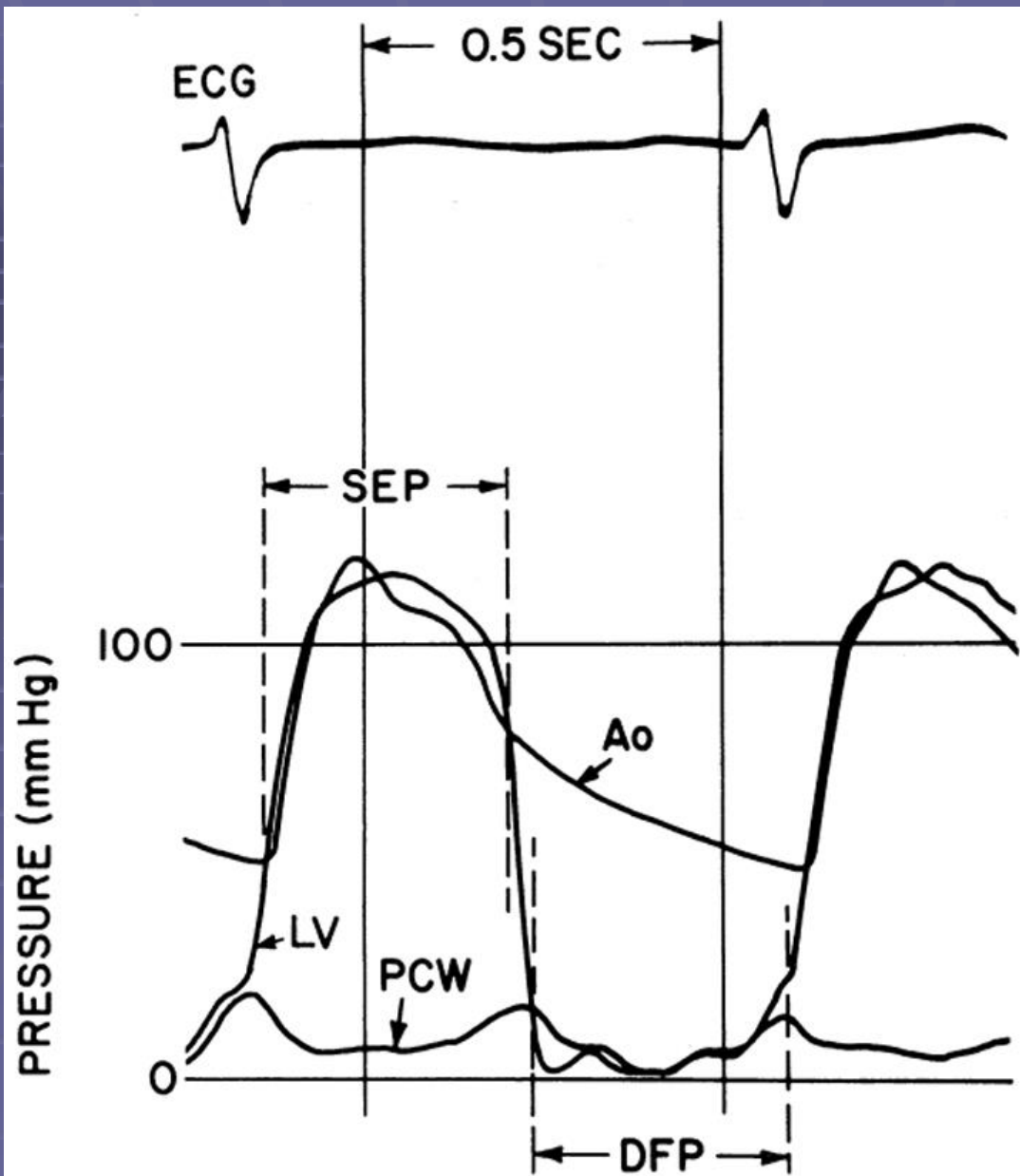


Figure 10.1 Left ventricular (LV), aortic (Ao), and pulmonary capillary wedge (PCW) pressure tracings from a patient without valvular heart disease, illustrating the definition and measurement of diastolic filling period (DFP) and systolic ejection period (SEP). See text for discussion.

Pulmoner hipertansiyon

Vasoreaktivite

- İstirahatte ortalama PAB > 25 mmHg, egzersizde PCWP ≤ 15 mmHg, PVR > 3 Woods ünitesi.
- Kısa etkili vazodilatörler kullanılmalı.
- KKB'den fayda görecek hastaların belirlenmesi.
- Akut cevap ortalama PAB ≥ 10 mmHg veya ortalama PAB ≤ 30 mmHg altına düşmesi bu sırada CO değişmemesi veya artmasıdır

Pulmoner vazoreaktivitede kullanılan ajanlar

İlaç	Yol	Doz	Doz artışı	Süre
Epoprostenol	iv	2-12 ng/kg/dk	2 ng/kg/dk	10 dk
Adenozin	iv	50-350 μ gr/kg/dk	50 μ gr/kg/dk	2 dk
Nitrik oksit	inhalasyon	10-20 ppm	-	5 dk

TABLE 73-3 Hemodynamic Assessment of Vasodilators in Pulmonary Hypertension

Parameter Measured	Desired Acute Changes	Comments
Mean pulmonary artery pressure (PAP)	>10-mm Hg decrease; ideally, mean PAP below 30 mm Hg	Must not be associated significant fall in systemic blood pressure
Pulmonary vascular resistance (PVR)	>33% decrease; ideally, PVR below 6 units	Cardiac output unchanged or increased
Pulmonary capillary wedge pressure	No change	Increase in wedge pressure suggests pulmonary venoocclusive disease or coexisting left ventricular dysfunction
Cardiac output	Increase	Increase should be from increased stroke volume rather than increased heart rate
Heart rate	No significant change	Chronic increased heart rate will result in RV failure; watch for bradycardia if using high doses of diltiazem
Systemic arterial oxygen saturation	Increase if reduced on room air, little change if normal	Decrease in systemic arterial oxygen saturation suggests lung disease or right-to-left shunt; prohibits chronic use
Pulmonary artery (mixed venous) oxygen saturation	Increase	Should parallel increase in cardiac output and improved tissue oxygenation

TABLE 73-3 Hemodynamic Assessment of Vasodilators in Pulmonary Hypertension.

© Copyright 2008 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc.

Kalp transplantasyon uygunluk kriteri

- PVR istirahatte < 6 Woods
maks. vasodilatasyon < 3 Woods

Sodyum Nitroprusside: i.v 2,5-10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{dak}$

3-5 dakkikada infizyon hızı artırılır.