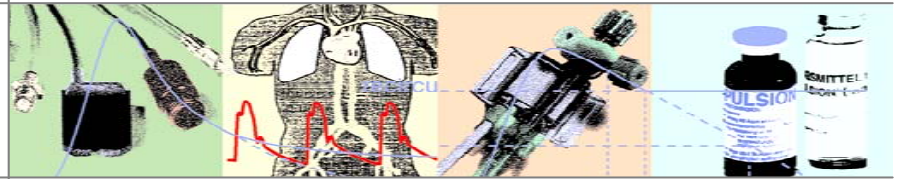


PiCCO ...

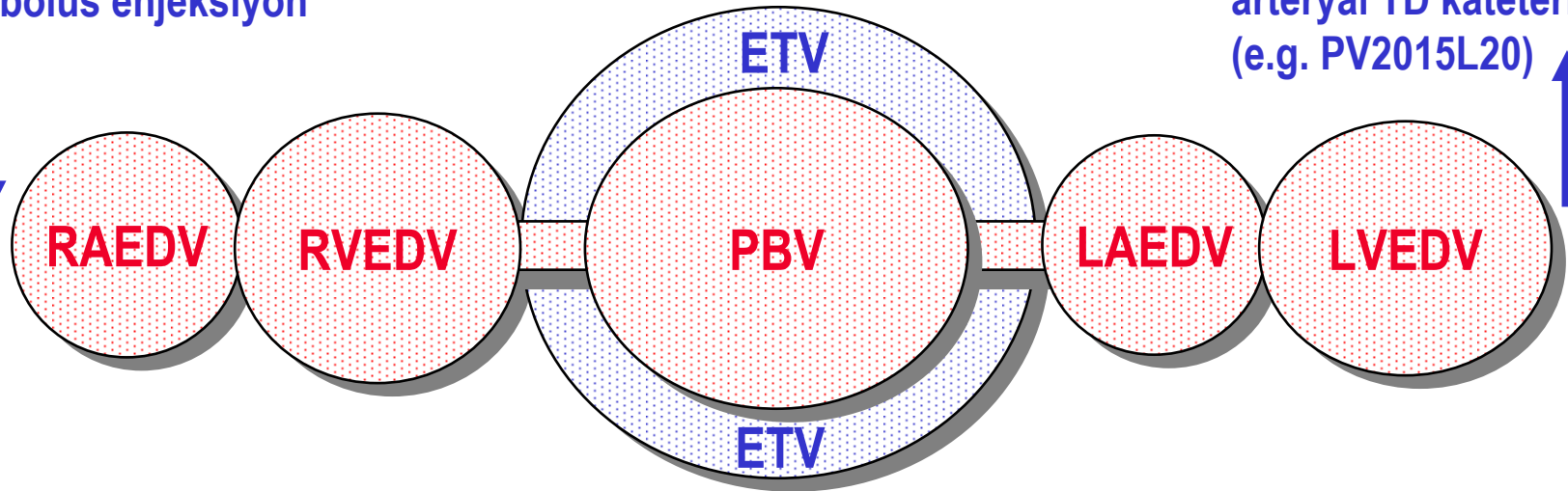
...Basit – Güvenilir – Hızlı - Spesifik

PULSION PiCCO *plus*

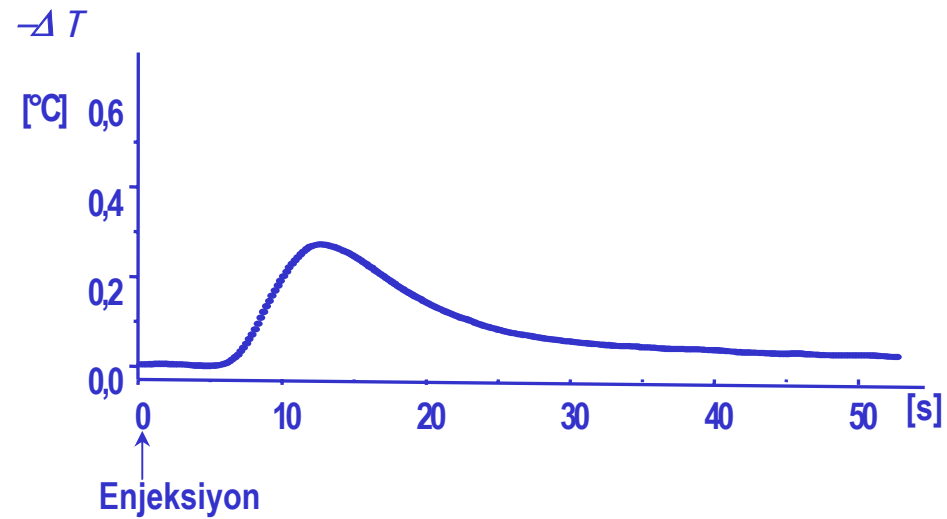


Transpulmoner termodilüsyon metodu

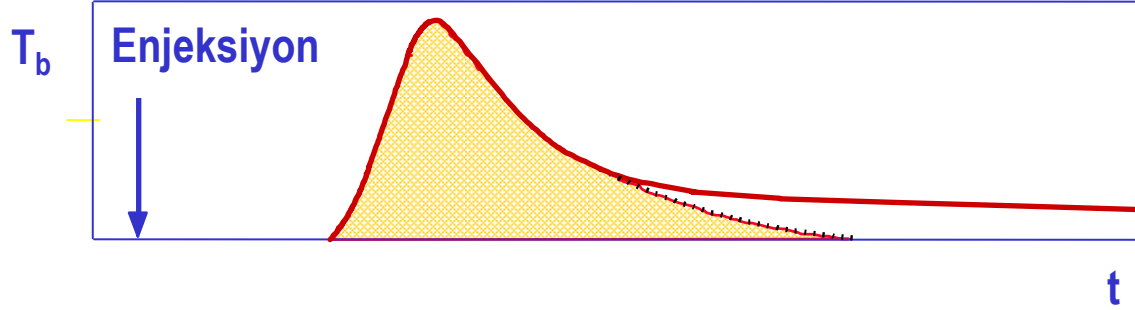
CV bolus enjeksiyon



arteryal TD kateteri
(e.g. PV2015L20)



Transpulmoner termodilüsyon: Kardiyak Output



Stewart-Hamilton metodu

$$CO_{TDa} = \frac{(T_b - T_i) \cdot V_i \cdot K}{\int \Delta T_b \cdot dt}$$

T_b = Kan sıcaklığı

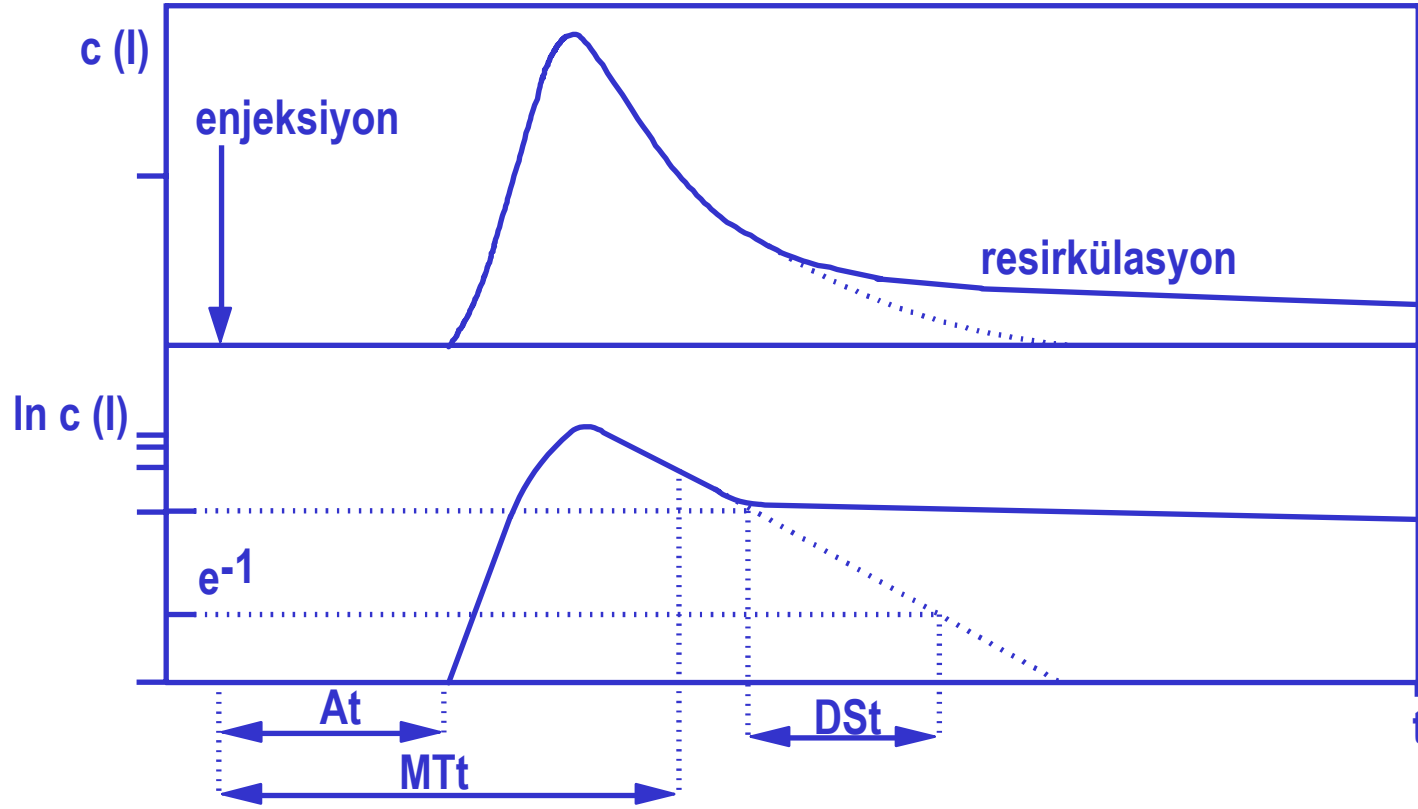
T_i = Enjektat sıcaklığı

V_i = Enjektat hacmi

$\int \Delta T_b \cdot dt$ = Termodilüsyon eğrisi altında kalan alan

K = Kan ve enjektat sıcaklığına özel düzeltme sabiti

Volümetrik monitorizasyon metodolojisi (I)

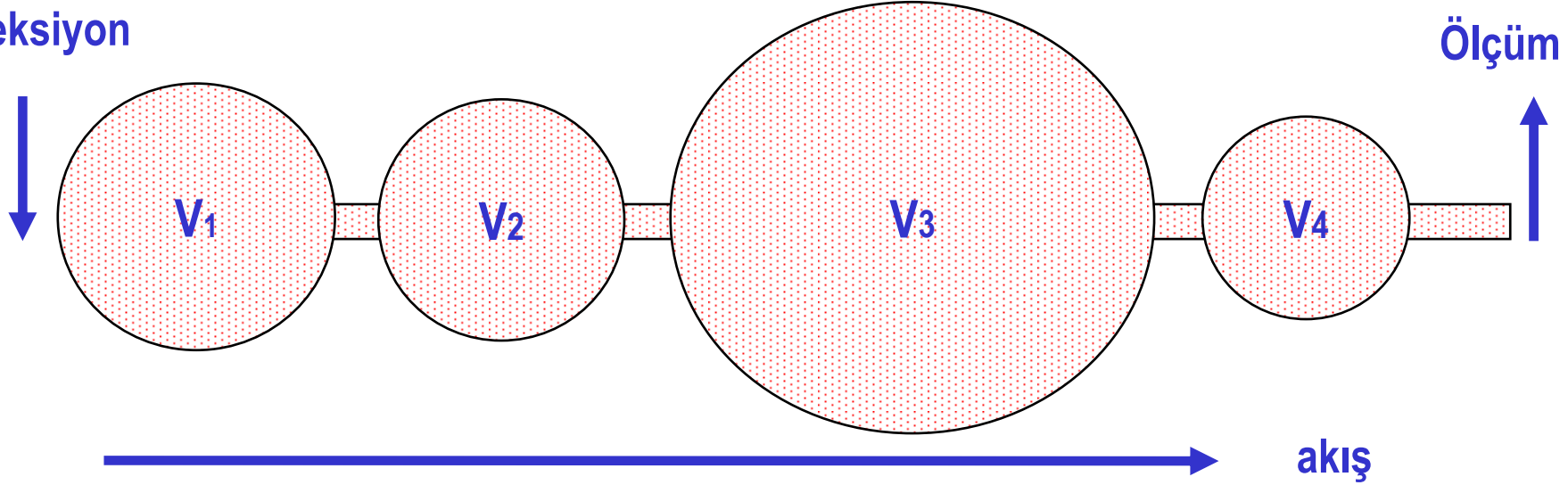


MTt: Mean transit time
 \approx Ortalama transit süresi

DSt: Downslope time
 \approx exponential downslope süresi

Volümetrik monitorizasyon metodolojisi (II)

Enjeksiyon



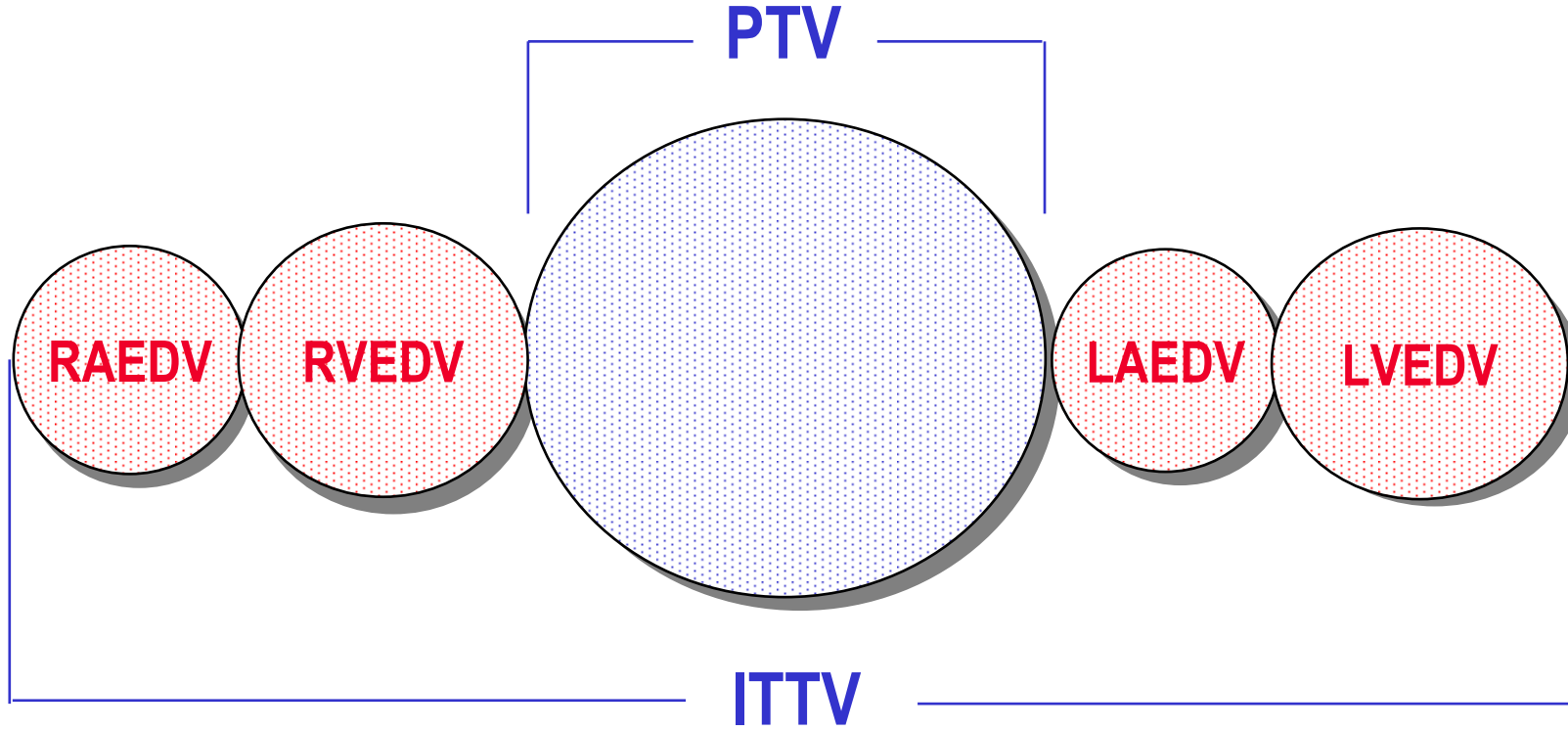
$$V_{all} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = MTt \times Flow$$

MTt, indikatörün enjekte edildiği noktadan ölçüm noktasına kadar geçtiği yerdeki toplam volümün hesaplanmasını sağlar

$$V_3 = \text{en büyük volüm} = DSt \times Flow$$

DSt, toplam volüm içindeki en büyük değer hesaplanmasını sağlar

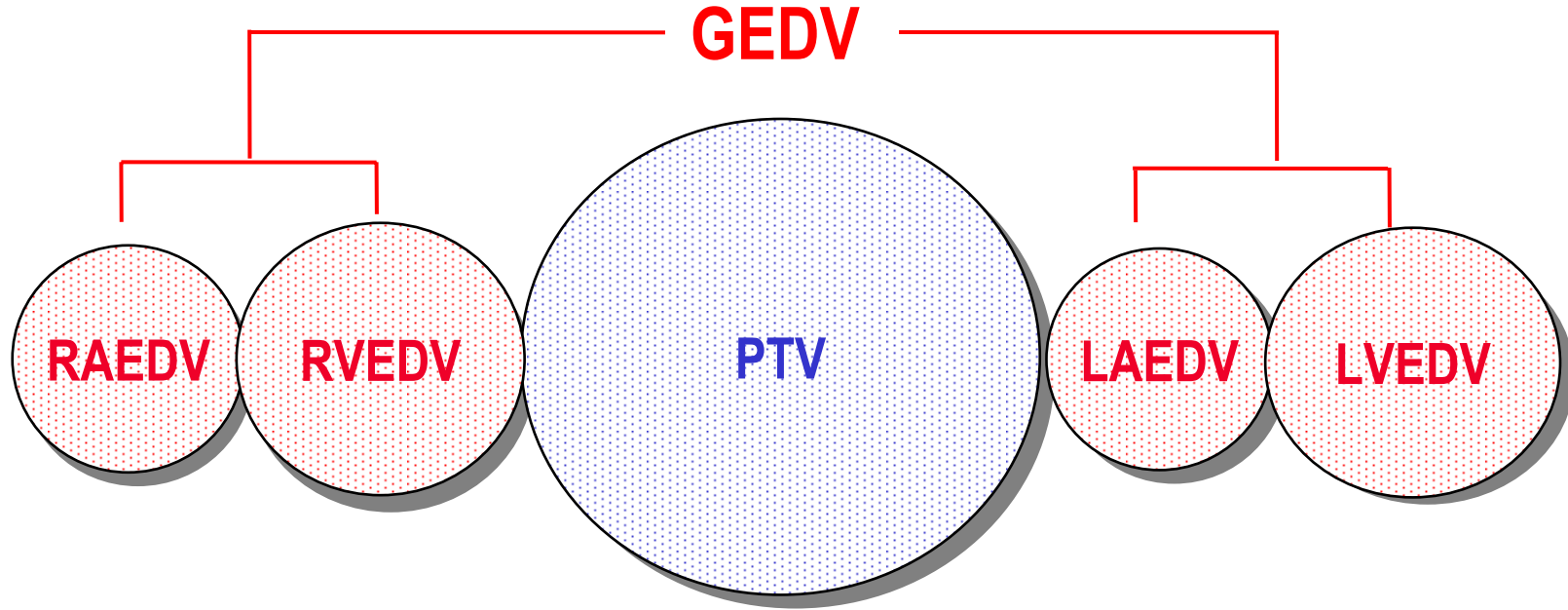
Volümetrik monitörizasyon metodolojisi (III)



PTV = Pulmoner Termal Volüm
en büyük termal volüm (DSt – Volüm)

ITTV = Intratorasik Termal Volüm
enjeksiyon – ölçüm arası toplam volüm (MTt – Volüm)

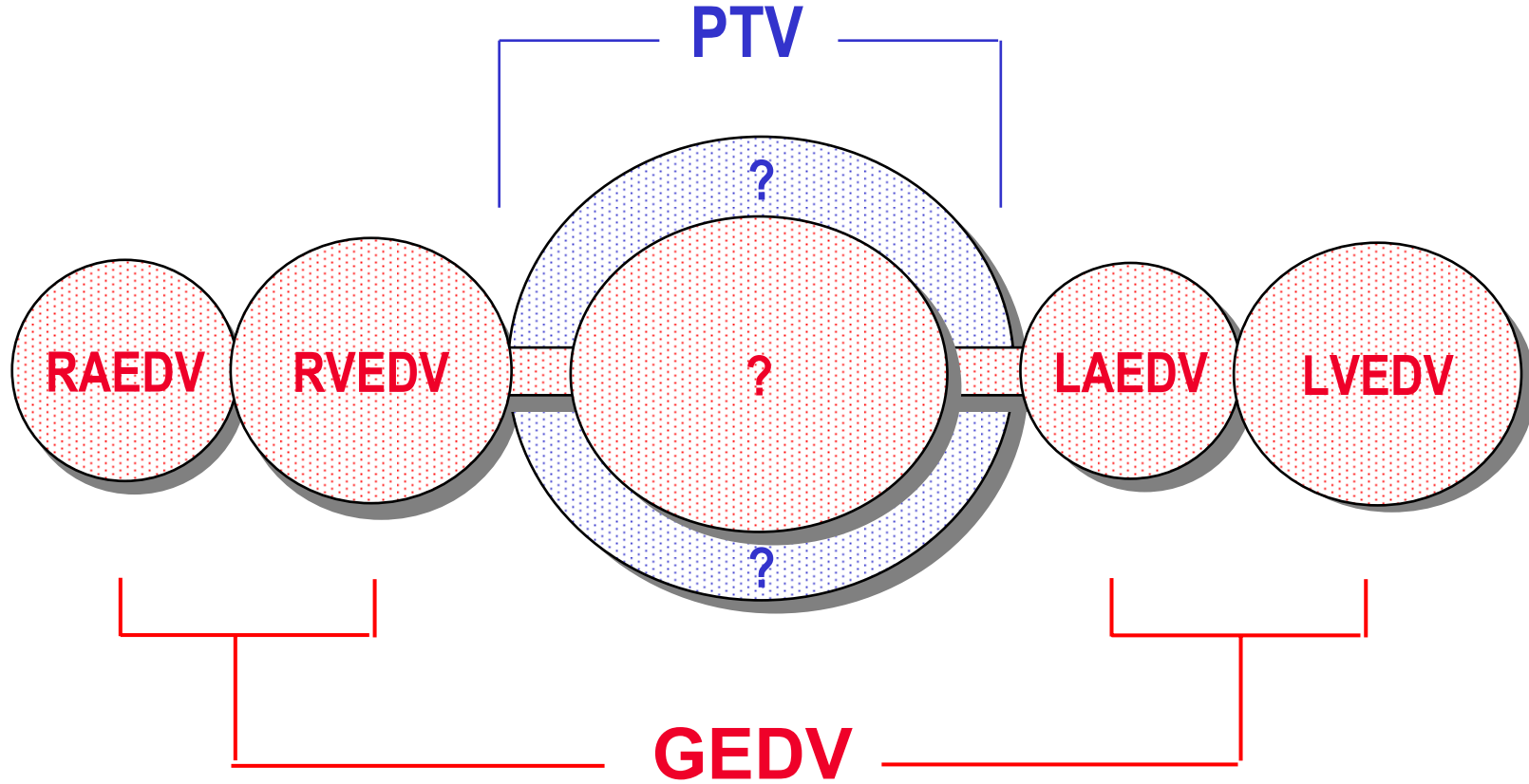
Volümetrik monitorizasyon metodolojisi (IV)



GEDV = Global end-diastolik volüm
4 kalp odacığının end-diastolik hacimleri

$$\text{GEDV} = \text{ITTV} - \text{PTV}$$

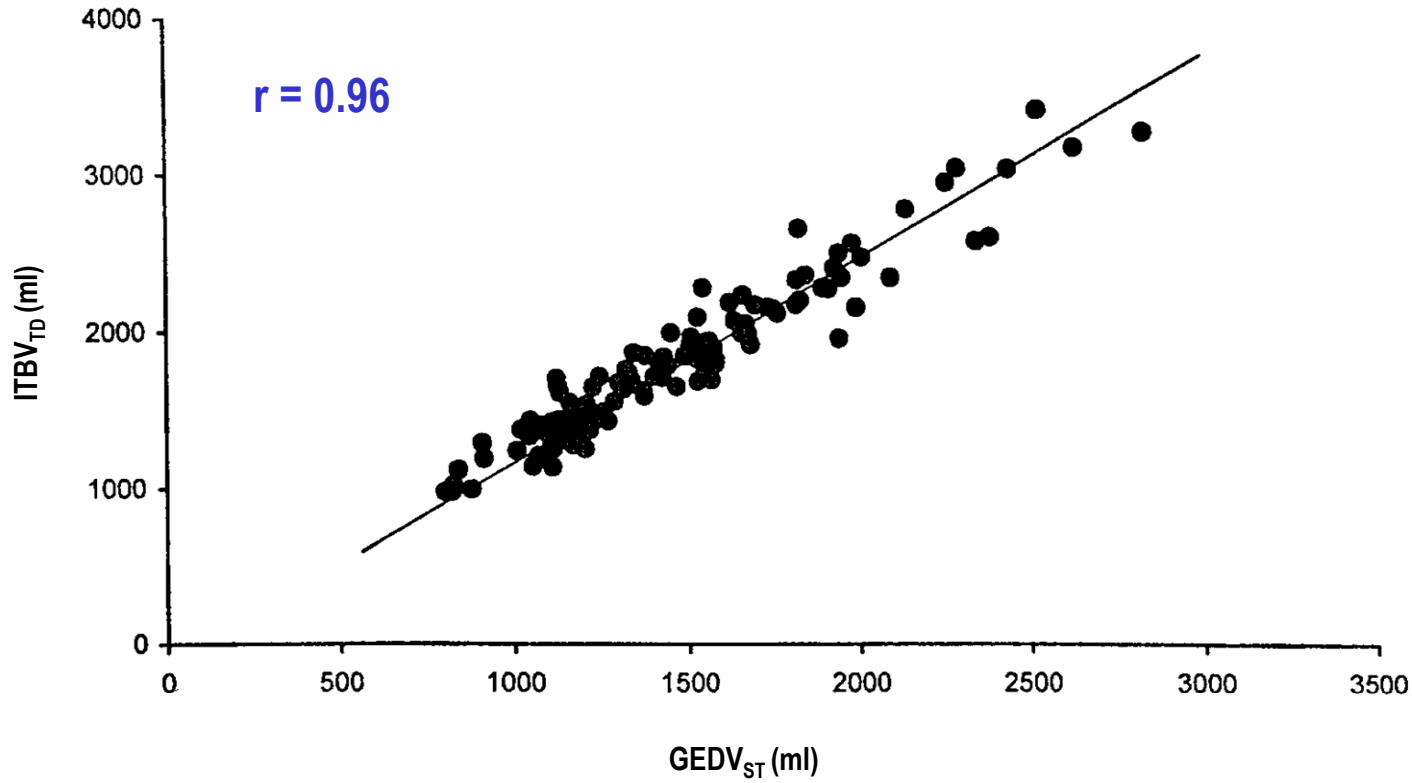
Volümetrik monitorizasyon metodolojisi (V)



PTV nin içindekiler ...?

ITBV_{TD} and GEDV_{ST} arasındaki ilişki

57 yoğun bakım hastasında GEDV vs. ITBV

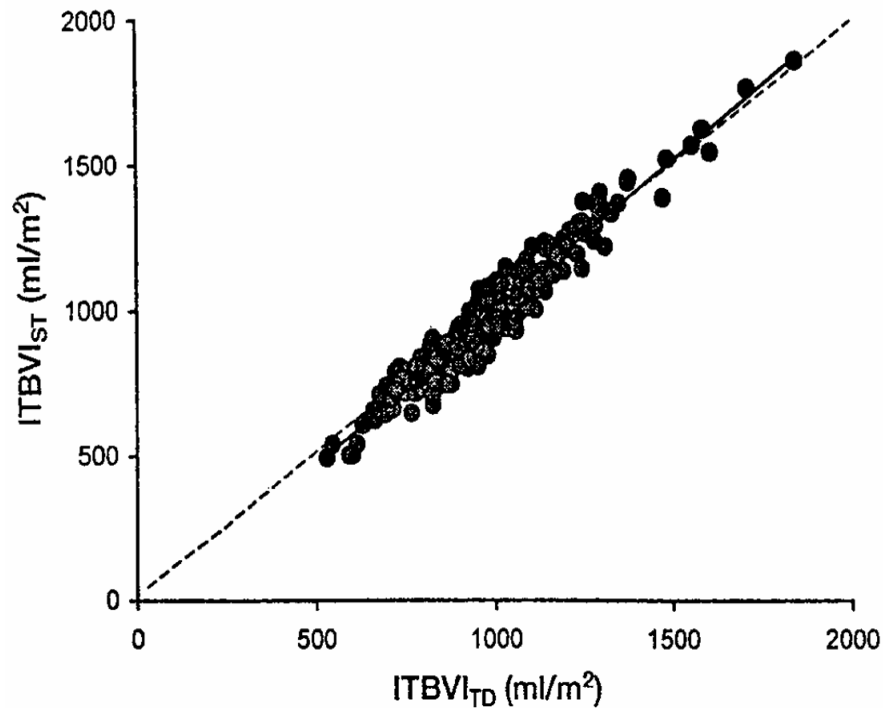


$$\text{ITBV} = 1.25 * \text{GEDV} - 28.4 \text{ [ml]}$$

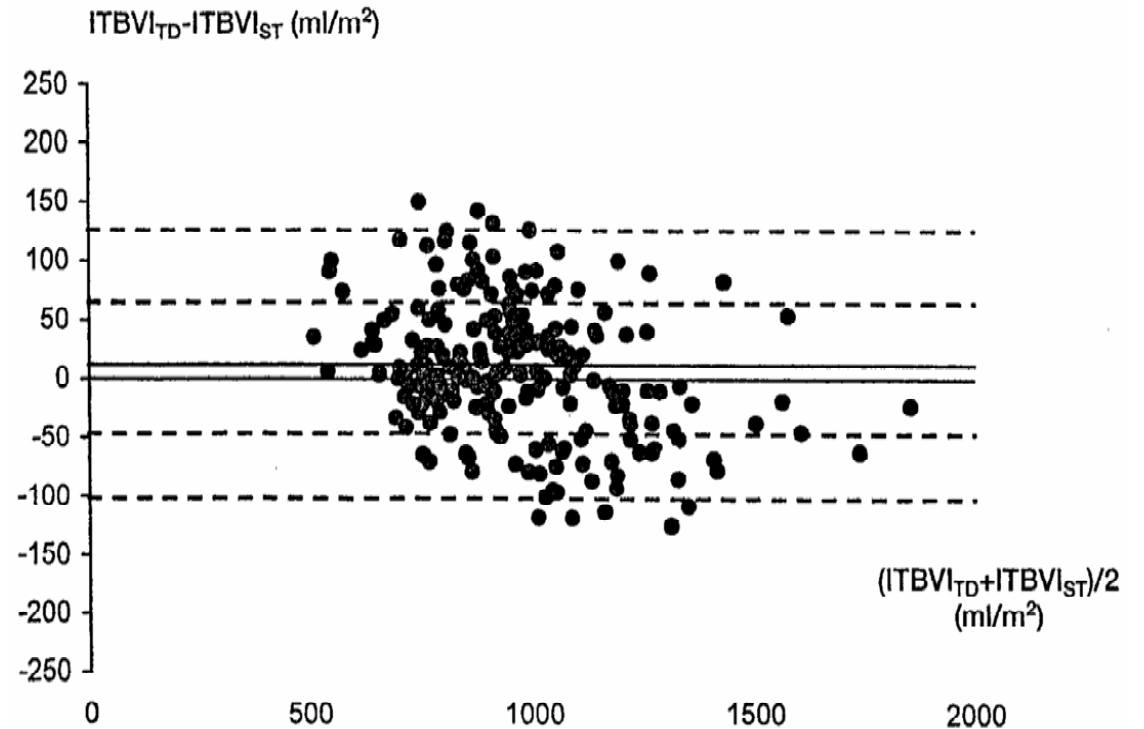
Sakka et al, Intensive Care Med 26: 180-187, 2000

Termodilüsyon $ITBVI_{ST}$ vs. termo-dye dilüsyonu $ITBVI_{TD}$

209 Yoğun bakım hastasında $ITBVI_{ST}$ vs. $ITBVI_{TD}$



$n = 209$
 $r = 0.97$



Bias = -7.6 ml/m²
SD = 57.4 ml/m²

Volümlerin hesaplanması

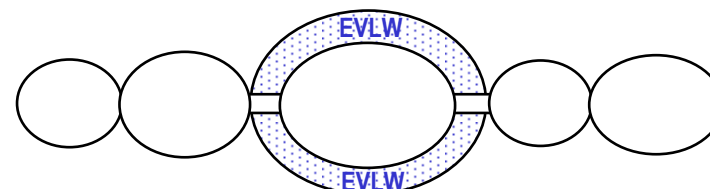
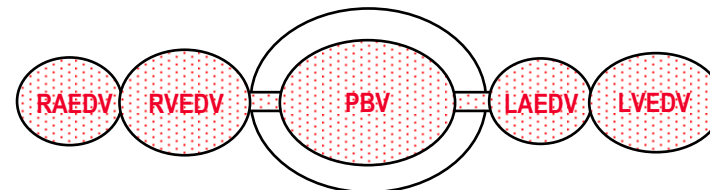
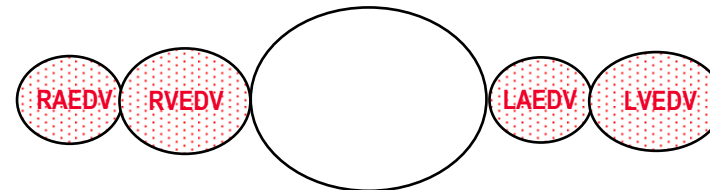
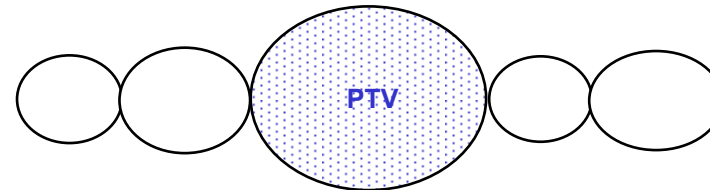
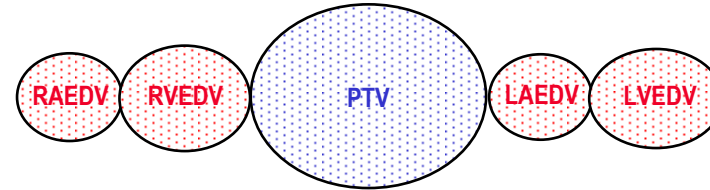
$$\text{ITTV} = \text{CO} * \text{MTt}_{\text{TDa}}$$

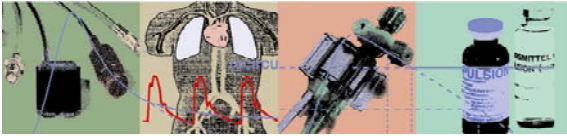
$$\text{PTV} = \text{CO} * \text{DSt}_{\text{TDa}}$$

➔ $\text{GEDV} = \text{ITTV} - \text{PTV}$

➔ $\text{ITBV} = 1.25 * \text{GEDV}$

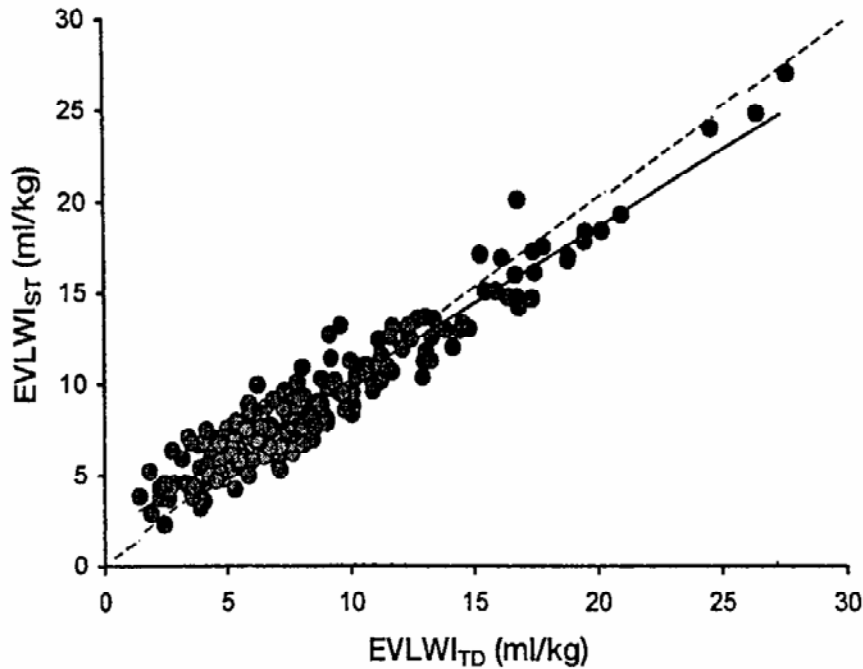
➔ $\text{EVLW} = \text{ITTV} - \text{ITBV}$



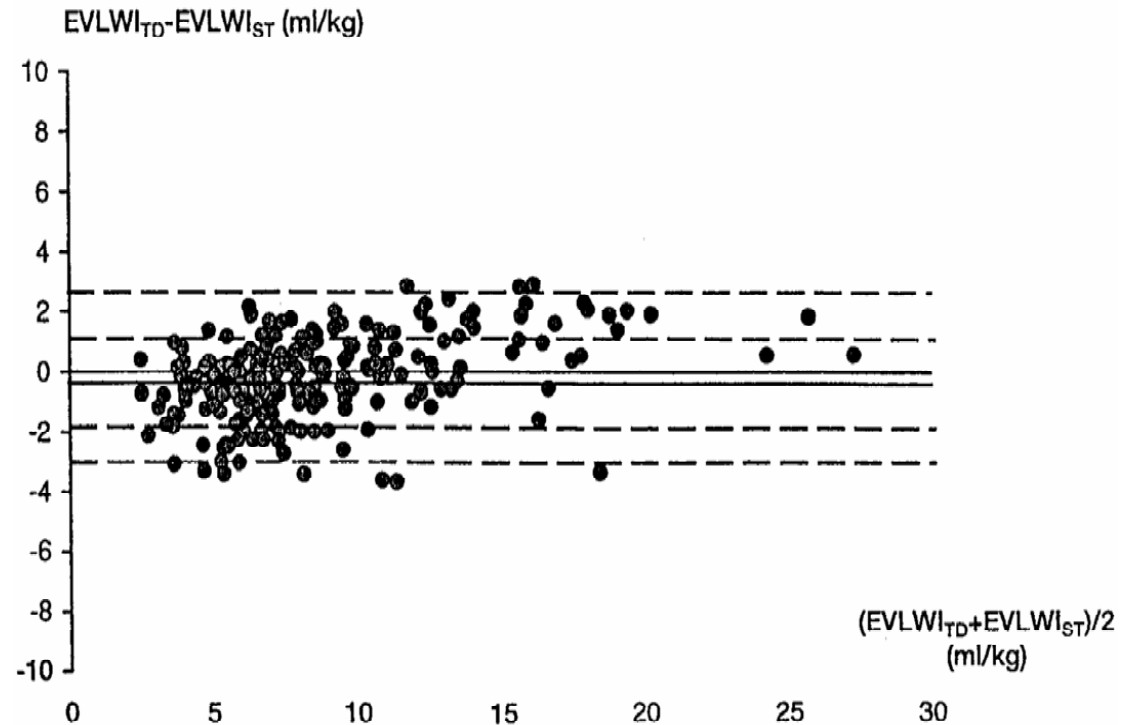


Termodilüsyon $EVLW_{ST}$ vs. termo-dye dilüsyonu $EVLW_{TD}$

209 Yoğun bakım hastasında $EVLW_{ST}$ vs. $EVLW_{TD}$



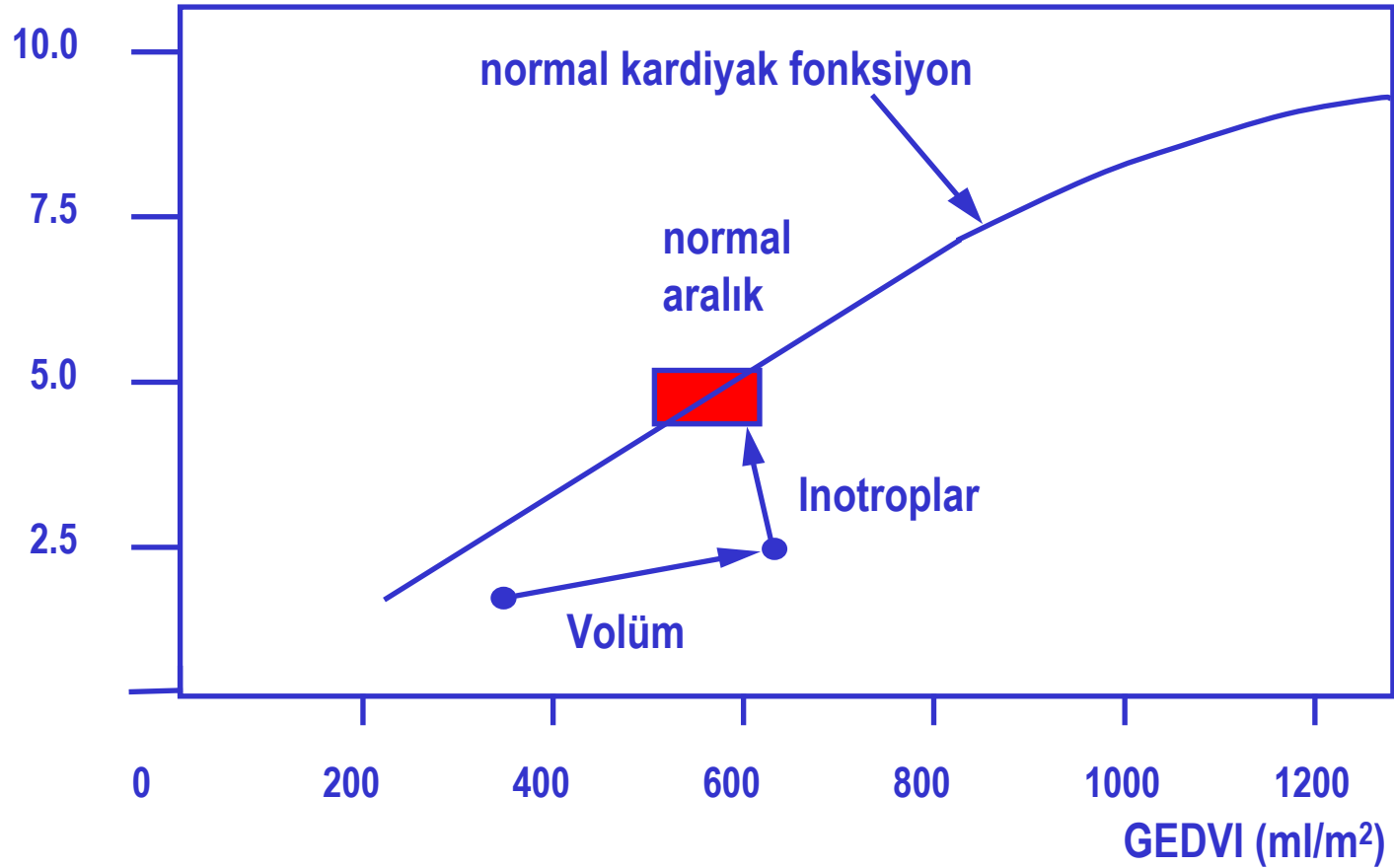
$n = 209$
 $r = 0.96$



Bias = -0.2 ml/kg
SD = 1.4 ml/kg

Kardiyak fonksiyon indeksi (CFI)

CI (l/min/m²)



$$CFI = CI / GEDVI$$



Diğer parametreler

$$\text{GEF} = \frac{4 \times \text{SV}}{\text{GEDV}}$$

Global ejeksiyon fraksiyonu

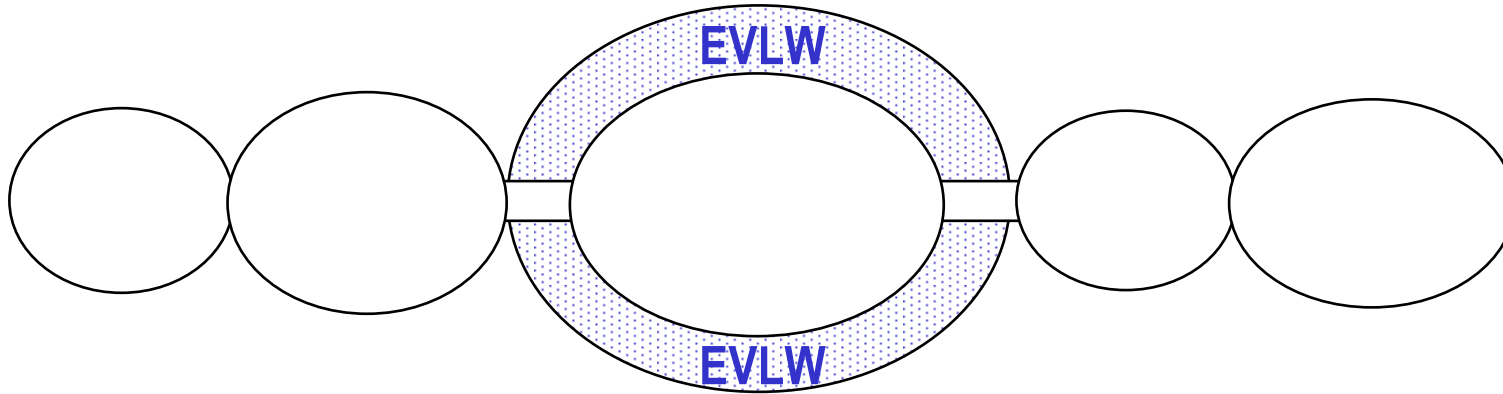
$$\text{PVPI} = \frac{\text{EVLW}}{\text{PBV}}$$

Pulmoner vasküler permeabilite tahmini

CO_{TDa} ve CO_{TDpa} karşılaştırması

<i>Author</i>	<i>n (patients / measurements)</i>	<i>CO_{TDa} - CO_{TDpa} bias ± SD</i>	<i>r</i>
von Spiegel et al, 1996 Anaesthesist 45 (11)	21 / 48	- 4.7 ± 1.5%	0.97
Mc Luckie et al, 1996 Acta Paediatr 85	9 / ?	0.19 ± 0.21 l/min/m ²	
Goedje et al, 1998 Chest 113 (4)	30 / 150 (triple)	0.16 ± 0.31 l/min/m ²	0.96
Goedje et al, 1998 Thorac Cardiovasc Surg 46	30 / 810	0.26 ± 0.7 l/min	0.96
Zöllner et al, 1998 Anaesthesist 47 (11)	18 / 160 (131 double / 29 triple)	0.03 ± 1.04 l/min	0.91
Goedje et al, 1999 Crit Care Med 27 (11)	24 / 216 (triple)	-0.29 ± 0.66 l/min	0.93
Sakka et al, 1999 Intensive Care Med 25	37 / 449	0.68 ± 0.62 l/min	0.97
Sakka et al, 2000 J Cardiothorac Vasc Anesth 14 (2)	12 / 51 (triple)	0.73 ± 0.38 l/min	0.98
Bindels et al, 2000 Crit Care 4	45 / 283	0.49 ± 0.45 l/min/m ²	0.95
Holm et al, 2001	23 / 218	0.32 ± 0.29 l/min	0.98

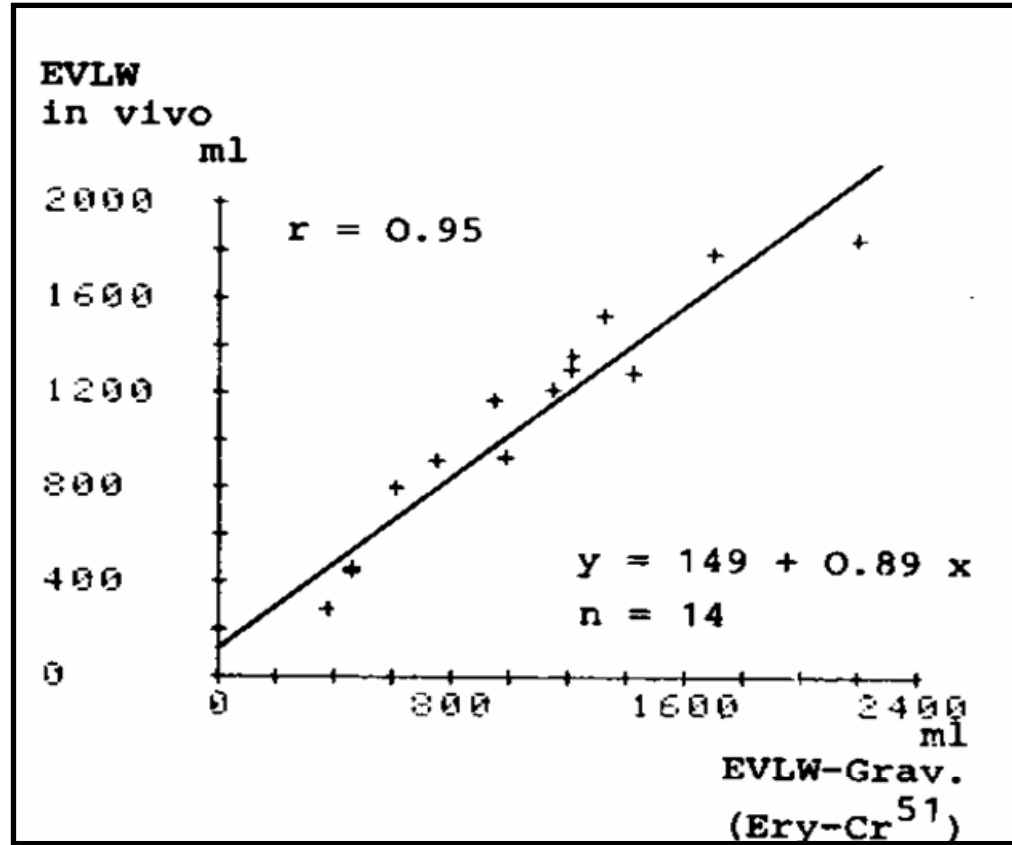
Extravascular Lung Water



Gerçekten çalışıyor mu?

EVLW (I)

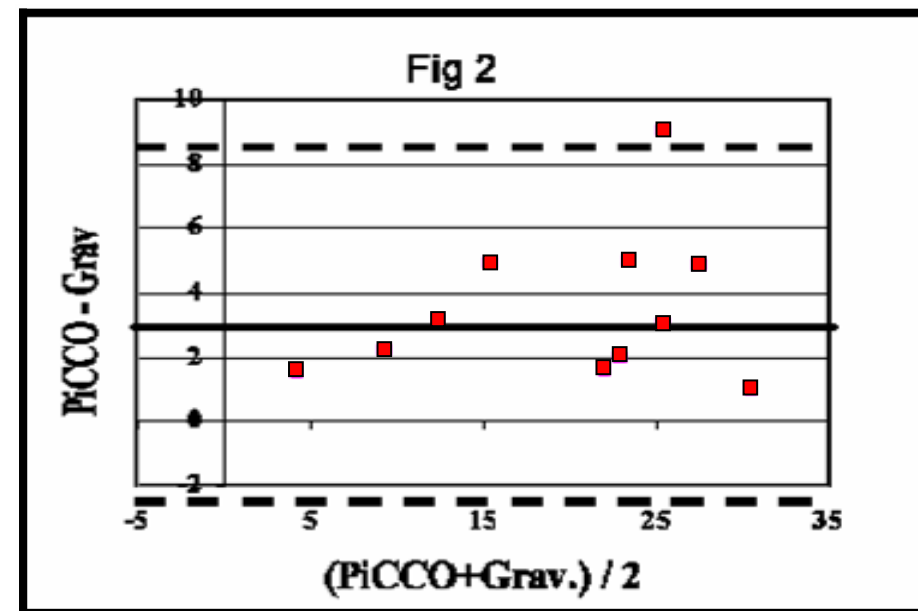
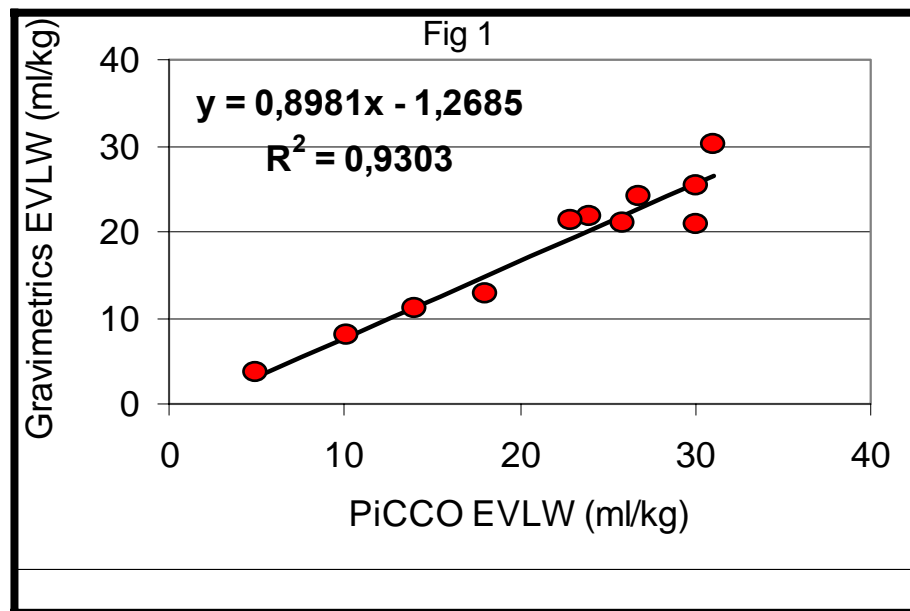
Beyin ölümü gerçekleşmiş hastalarda gravimetrik methodla EVLW ve indikatör dilüsyonu metodu ile EVLW ölçümleri karşılaştırılması



*Sturm, In: Practical Applications of Fiberoptics in Critical Care Monitoring,
Springer Verlag Berlin - Heidelberg - NewYork 1990, pp 129-139*

PiCCO – EVLW vs Gravimetrik EVLW (köpeklerde)

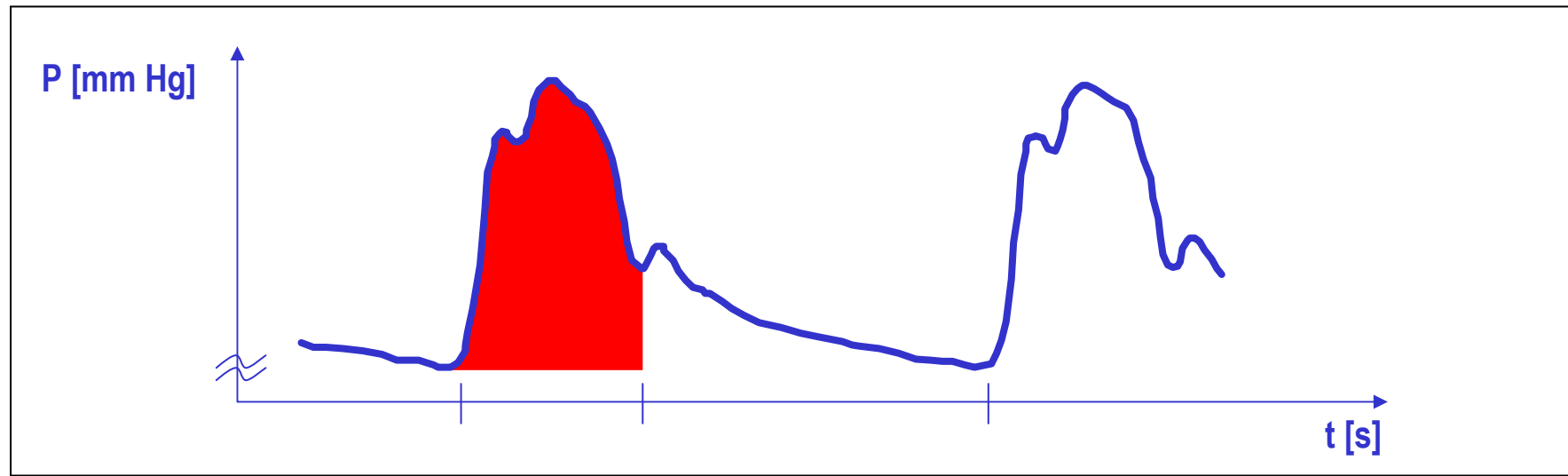
cardiogenic + noncardiogenic PE



Katzenelson et al, SCCM 2002, Abstract

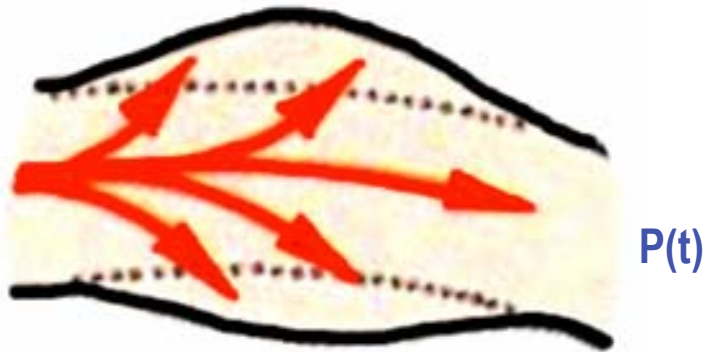


Arterial Pulse Contour Analizi



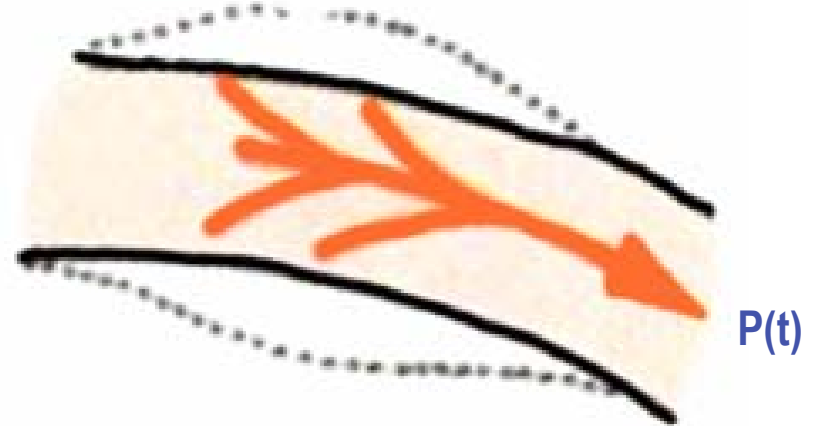
Aortik komplians

Aortanın karakteristik kompliansına bağı olarak kan basıncı eğrisindeki artma



Sistol

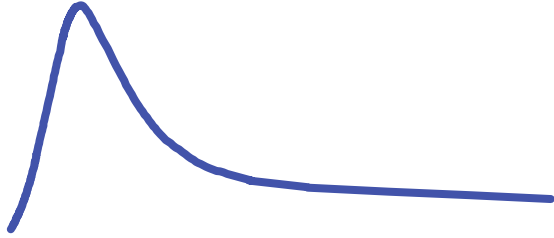
Aortanın karakteristik kompliansına bağı olarak kan basıncı eğrisindeki azalma



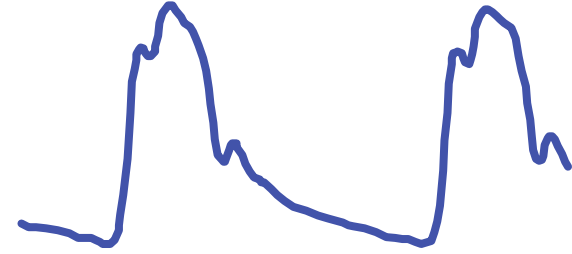
Diastol

Hastaya bağı aortik kompliansın tesbiti C(p)

Termodilüsyondan gelen referans CO

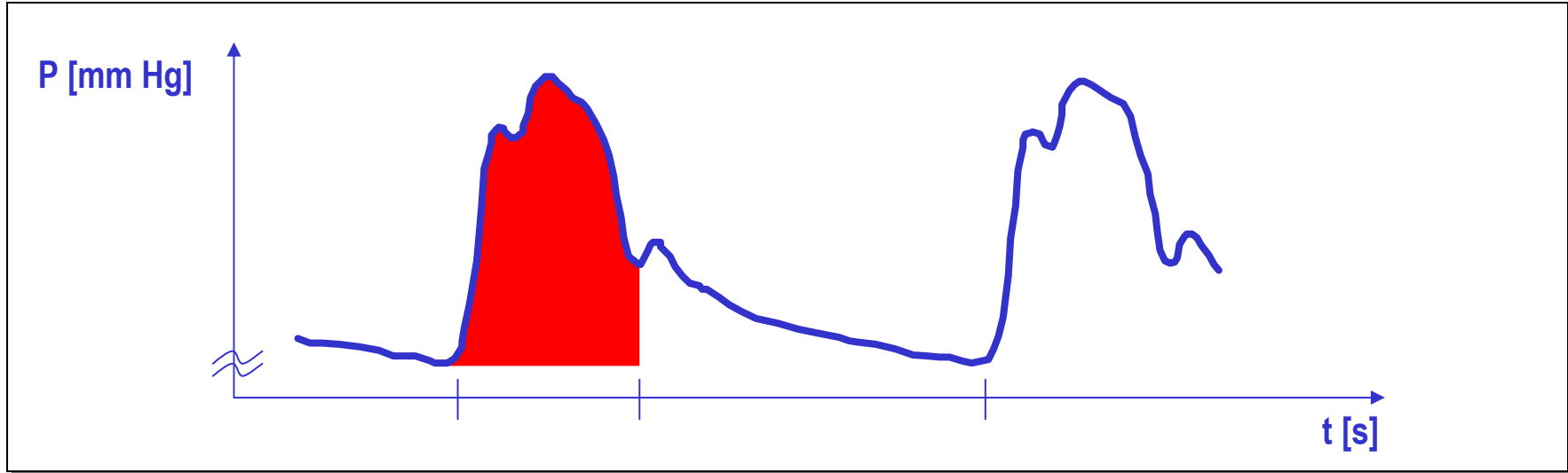


Ölçülen kan basıncı
(P(t), MAP, CVP)



Hastaya bağı aortik komplians C(p)

PCCO Hesaplanması \Rightarrow Model



$$\text{PCCO} = \underbrace{\text{cal}}_{\text{Hastaya özel kalibrasyon faktörü (termodilüsyon esnasında hesaplanır)}} \cdot \underbrace{\text{HR}}_{\text{Kalp Hızı}} \cdot \int_{\text{Systole}} \left(\frac{P(t)}{\text{SVR}} + C(p) \cdot \frac{dP}{dt} \right) dt$$

Hastaya özel
kalibrasyon faktörü
(termodilüsyon
esnasında hesaplanır)

Kalp
Hızı

Basınç
eğrisi
altındaki
alan

Aortik
komplians

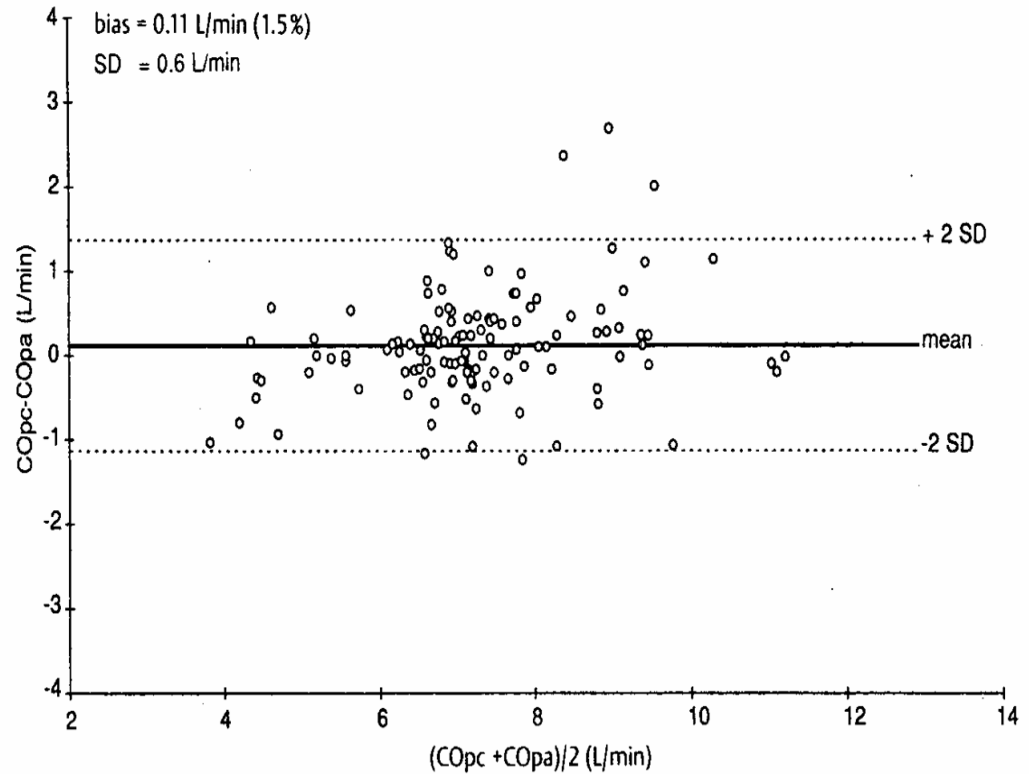
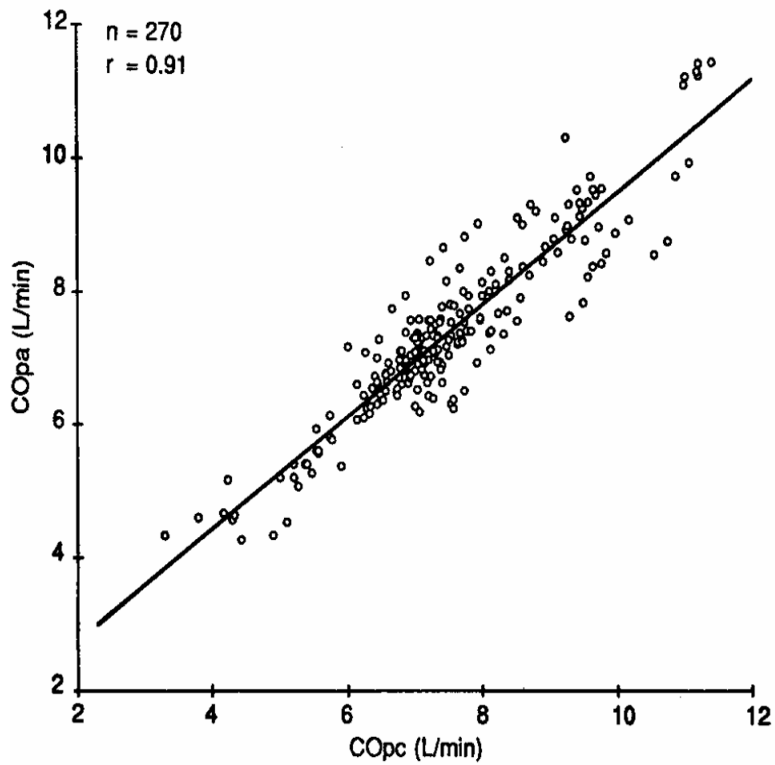
Basınç
eğrisinin
şekli

**PCCO son 12 saniyenin ortalaması
olarak gösterilir**

PCCO ve CO_{TDpa} karşılaştırılması

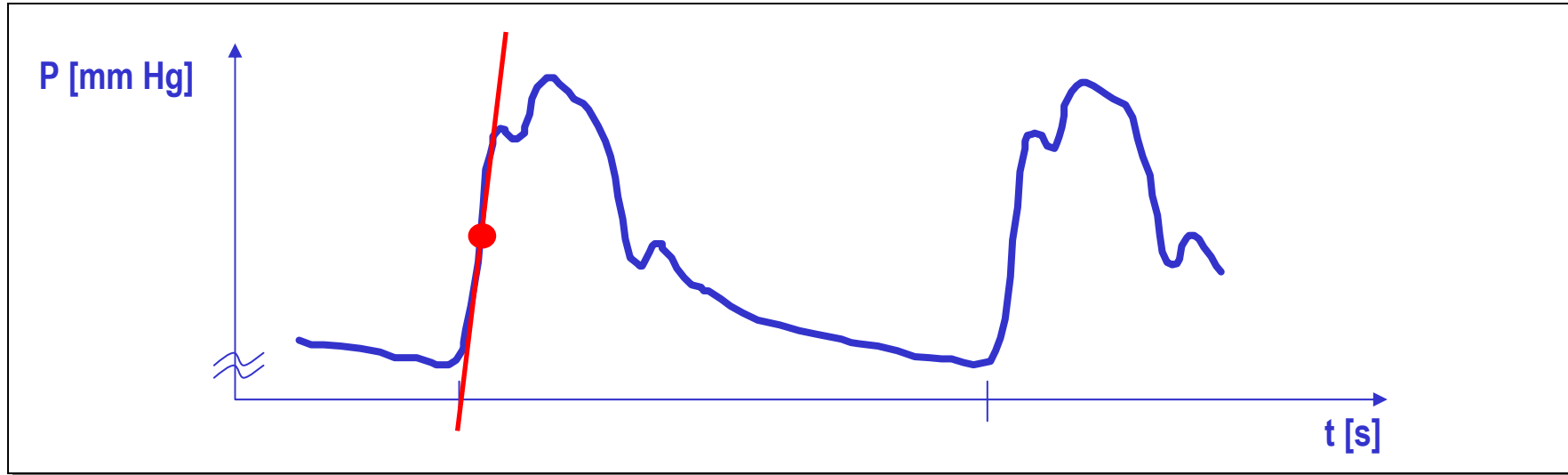
<i>Author</i>	<i>n (patients / measurements)</i>	<i>PCCO - CO_{TDpa} bias ± SD</i>	<i>r</i>
Goedje et al, 1998 Thorac Cardiovasc Surg 46	30 / 270 (triple)	0.11 ± 0.6 l/min	0.91
Goedje et al, 1999 Crit Care Med 27 (11)	24 / 216 (triple)	0.07 ± 0.7 l/min/m ²	0.92
Buhre et al, 1999 J Cardiothorac Vasc Anesth 13 (4)	12 / 36 (triple)	0.003 ± 0.63 l/min	0.94
Goedje et al, 1999 Ann Thorac Surg 68 (4)	20 / 192 (triple)	-0.1 ± 0.42 l/min	0.91
Zöllner et al, 2000 J Cardiothorac Vasc Anesth 14 (2)	19 / 76 (triple)	0.31 ± 1.25 l/min	0.88
			<i>PCCO - CO_{TDa}</i>
Gödje et al, 2002* CCM 30 (1) * New PiCCO algorithm during hemodynamic instability	24 / 517 (triple)	-0.2 +2.10/-2.50 l/min	0.88

30 hastada kalp cerrahisi sonrası PCCO vs CO_{TDpa}



Goedje et al, Thorac Cardiovasc Surg 46: 242-249, 1998

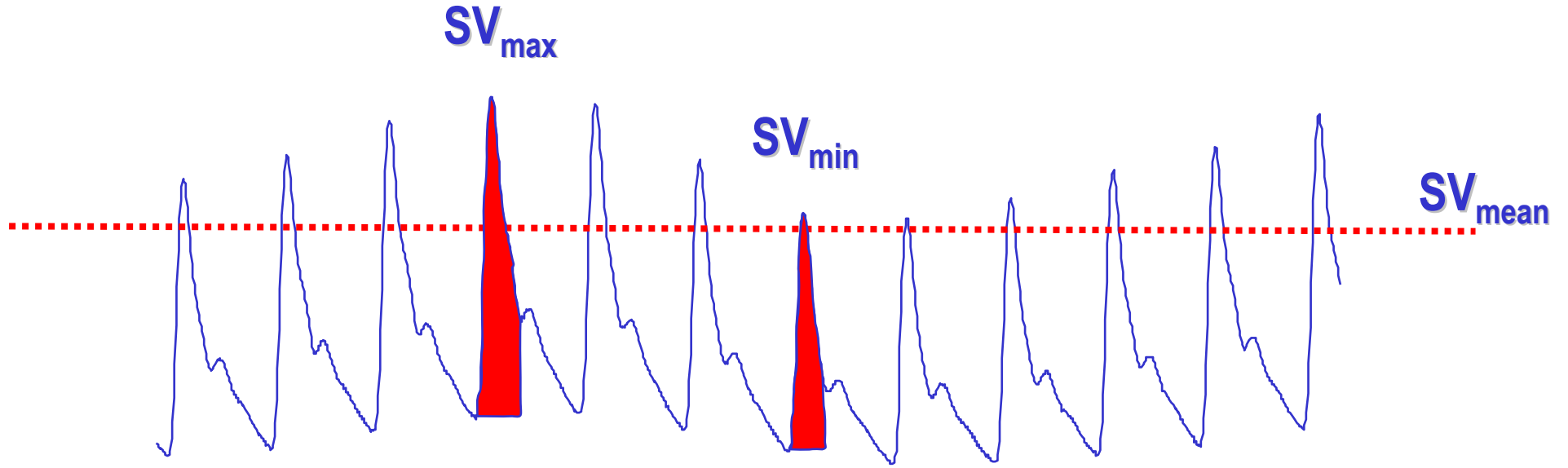
Sol ventrikül kontraktilite indeksi



$$dP_{mx} = dP/dt_{max} \text{ (arteryal basınç eğrisi)}$$

Sol ventrikül basınç hızındaki artışın tahmini

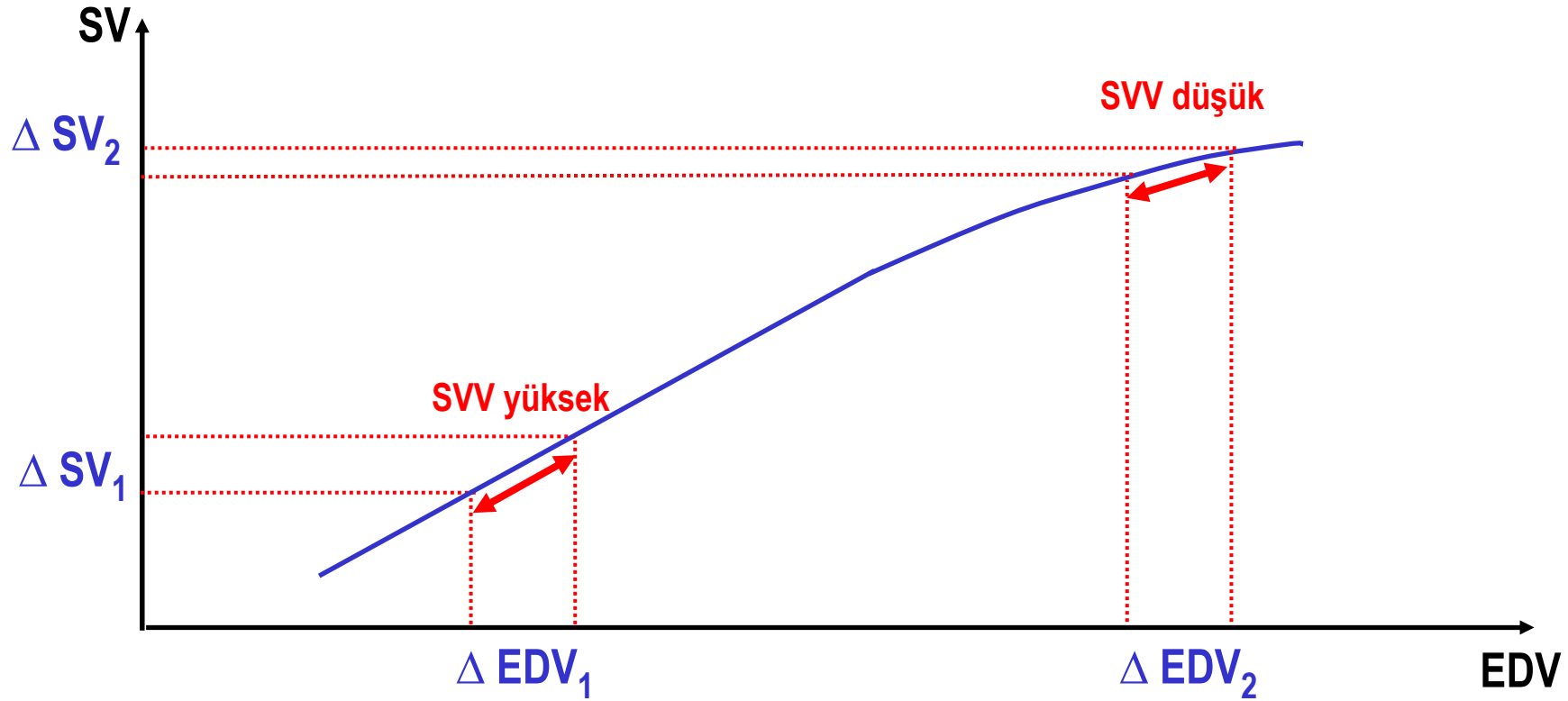
Stroke Volüm Varyasyonu (SVV)



$$SVV = \frac{SV_{max} - SV_{min}}{SV_{mean}}$$

- ✓ SV_{max} ve SV_{min} son 30 saniye üzerinden hesaplanır
- ✓ Yalnızca kontrollü mekanik ventilasyondaki hastalarda uygulanabilir

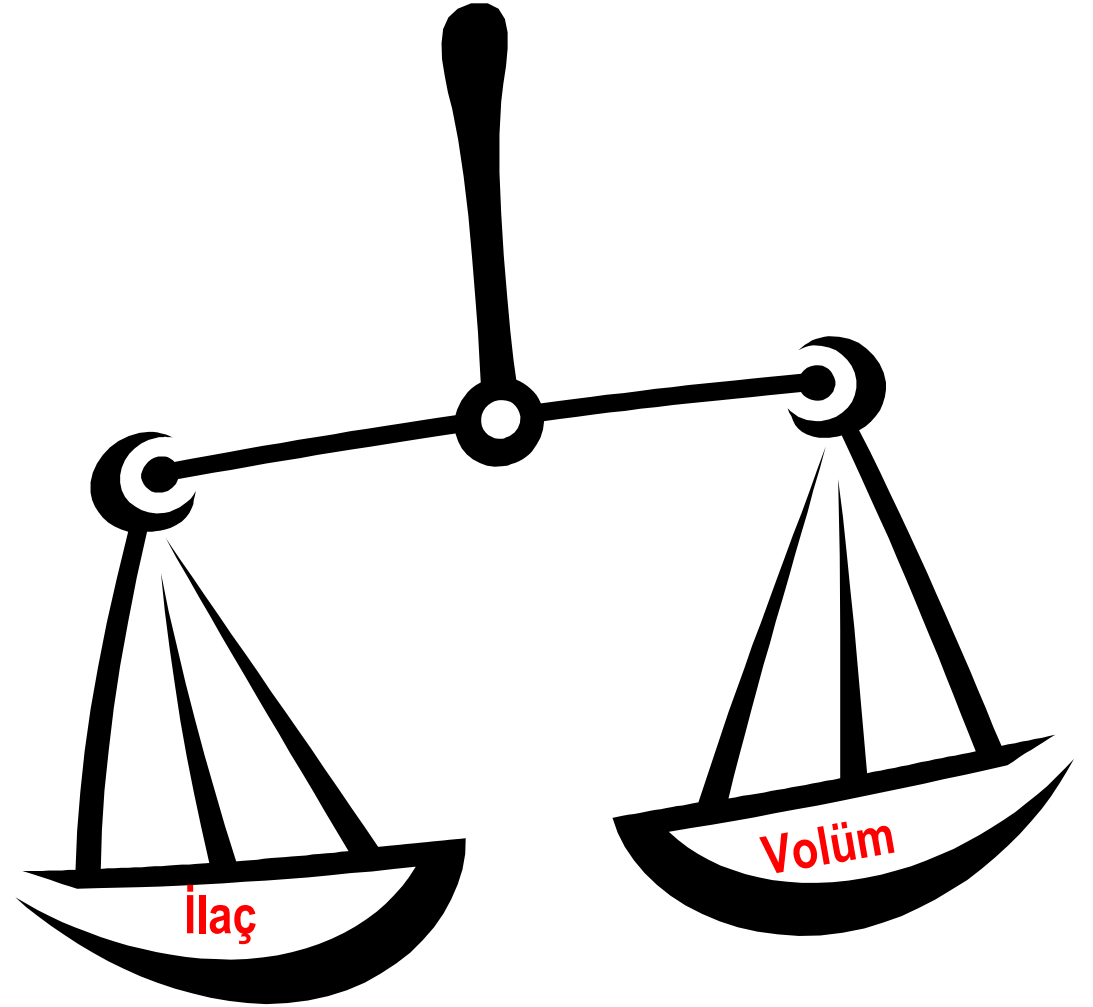
SVV: volüm değişikliklerine kalbin cevabının tahmini



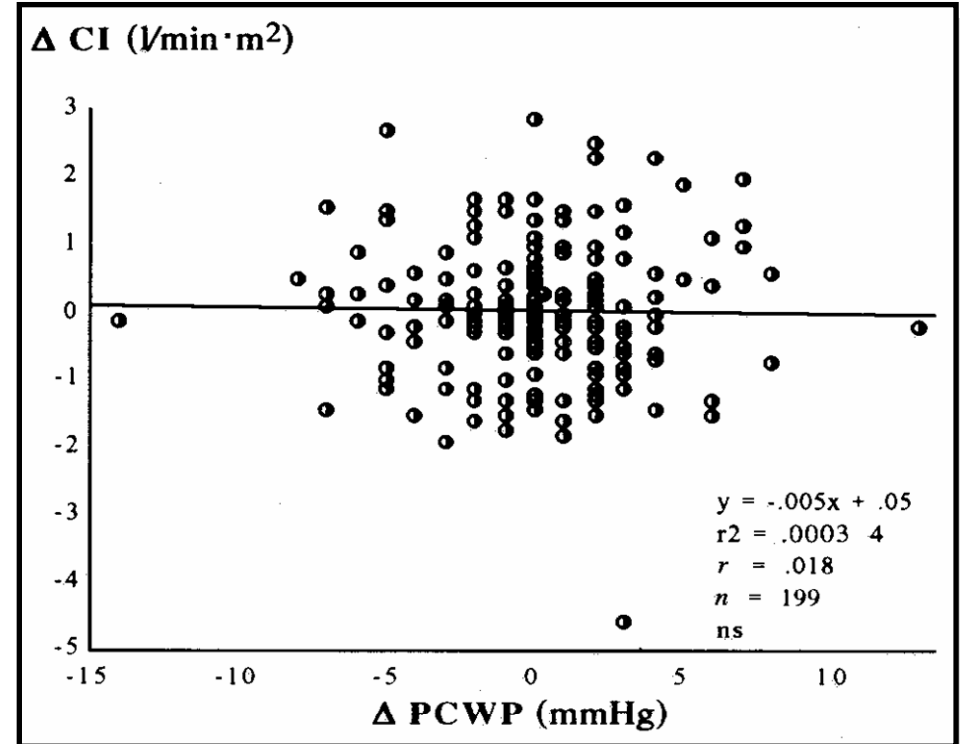
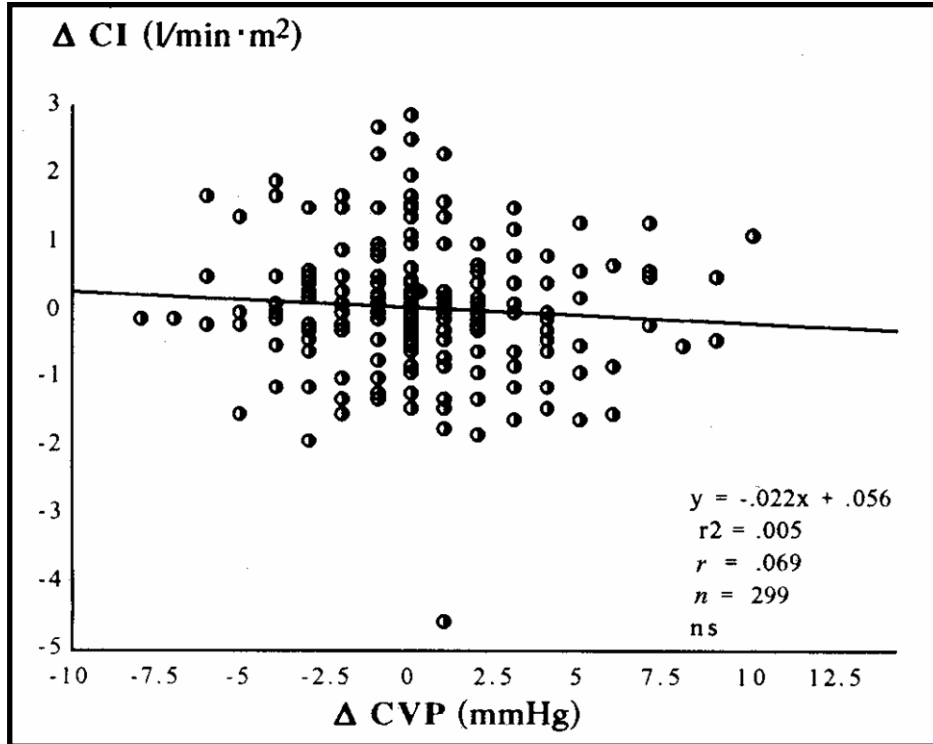
$$\text{Preload volümdeki artış : } \Delta EDV_1 = \Delta EDV_2$$
$$\Delta SV_1 \gg \Delta SV_2$$



Klinik Uygulama

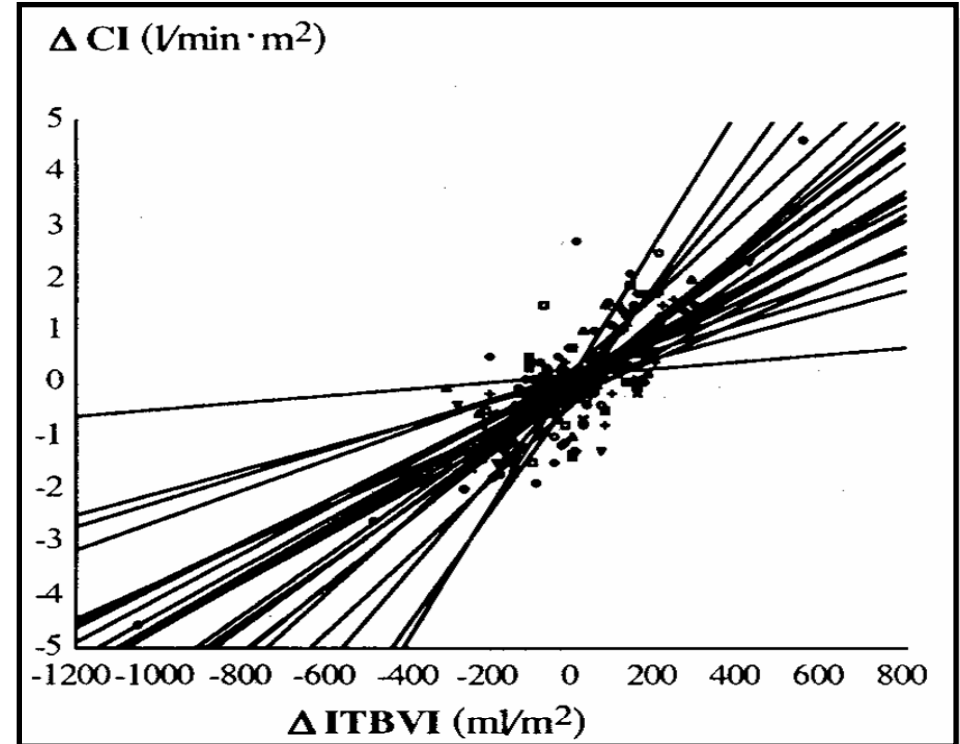
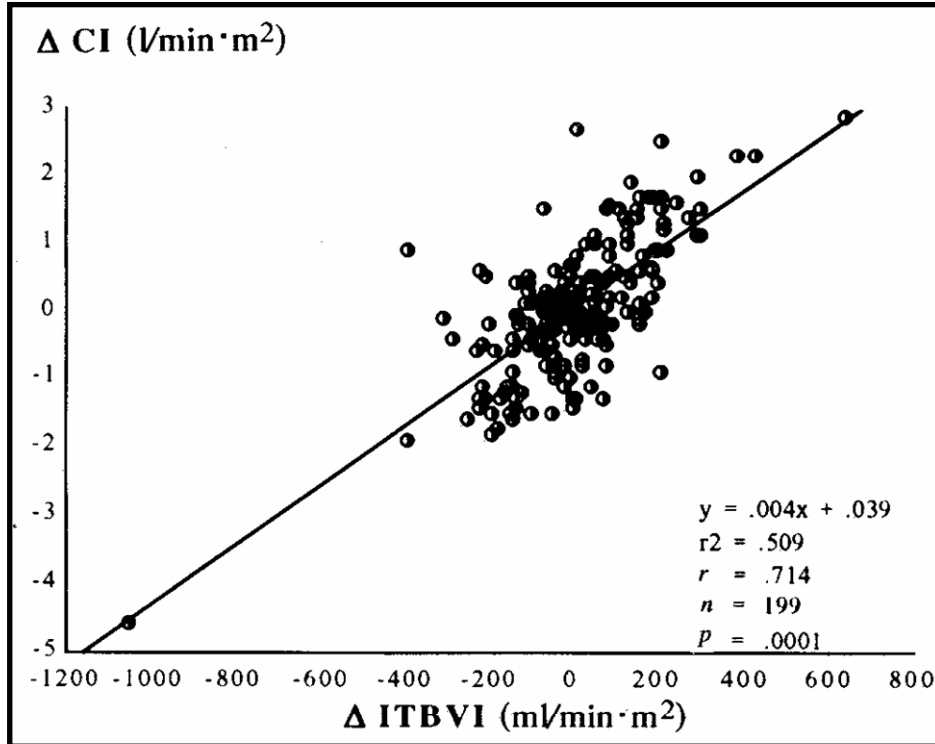


Kardiyak preload indikatörü olarak basınçlar



Lichtwarck-Aschoff et al, Intensive Care Med 18: 142-147, 1992

Kardiyak preload indikatörü olarak ITBV



Lichtwarck-Aschoff et al, Intensive Care Med 18: 142-147, 1992

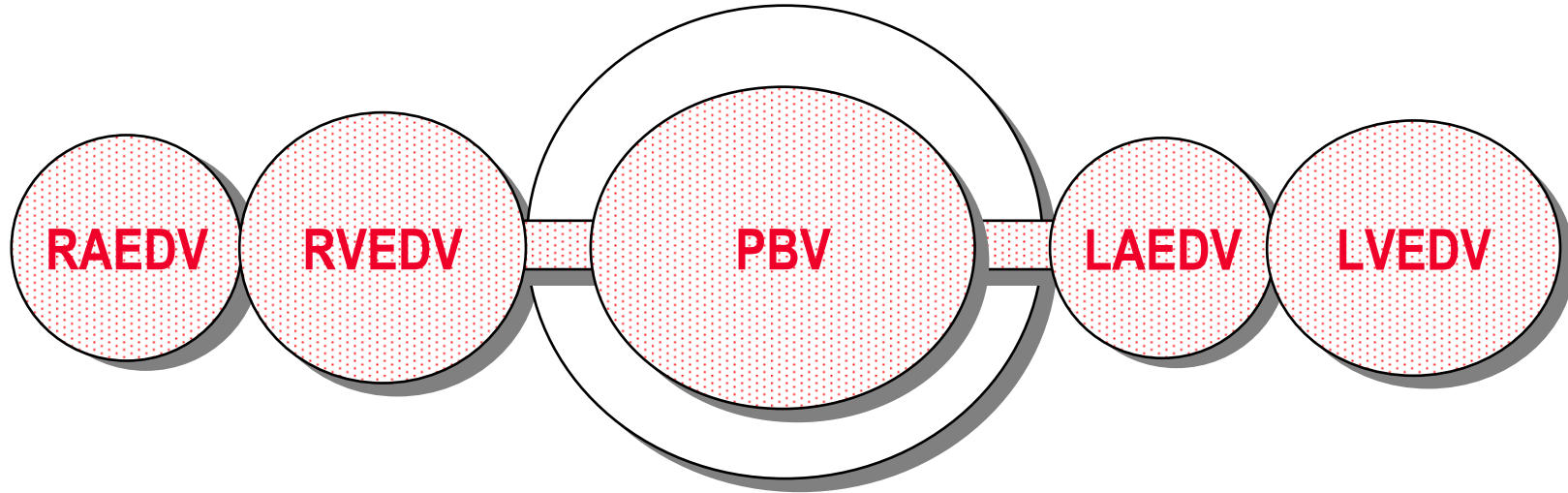
Preload indikatörlerinin SVI ve CI (Δ) korrelasyonu

Correlation coefficient, $r =$	All patients		Single patients
	Δ SVIart	Δ CIart	Δ CIart (lowest–highest)
Δ CVP	-0.09	0.00	-0.01–0.33
Δ PCWP	-0.02	-0.01	-0.36–0.03
Δ RAEDVI	0.28	-0.11	-0.02–0.37
Δ RVEDVI	0.03	-0.02	0.02–0.03
Δ ITBVI	0.76	0.83	0.67–0.91
Δ GEDVI	0.82	0.87	0.70–0.93

SVIart, stroke volume index derived from arterial thermal dilution; CIart, cardiac index derived from arterial thermal dilution; CVP, central venous pressure; PCWP, pulmonary capillary wedge pressure; RAEDVI, right atrial end diastolic volume index; RVEDVI, right ventricular end diastolic volume index; ITBVI, intrathoracic blood volume index; GEDVI global end diastolic volume index; Δ , changes of values from one time-point to the next.

Goedje et al, Eur J Cardiothorac Surg 13 (5): 533-539;discussion 539-540, 1998

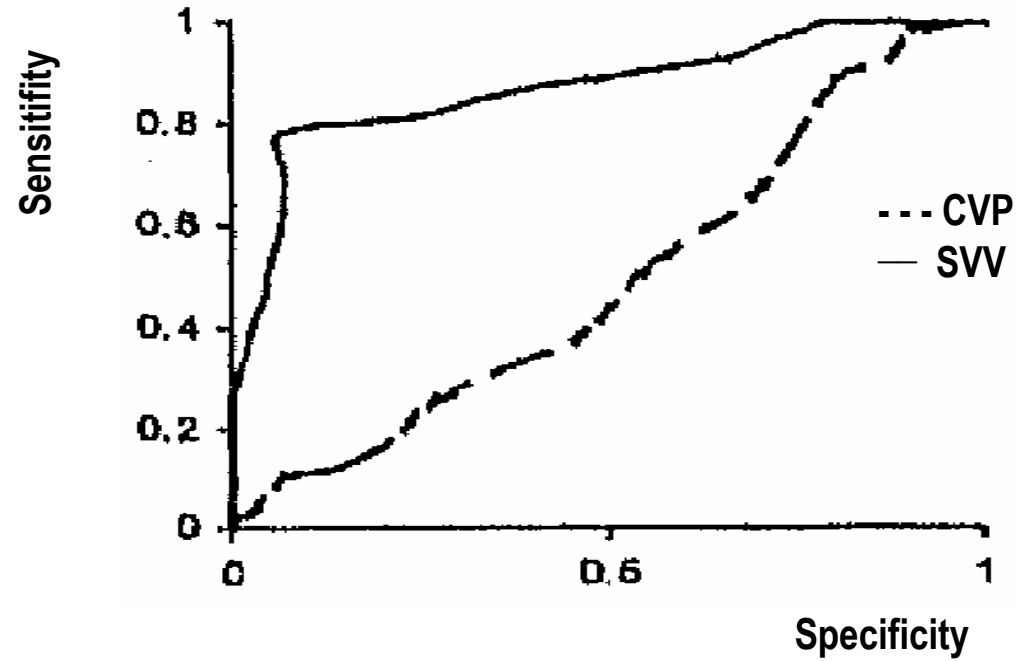
Kardiyak Preload Volümdür Basınç DEĞİL



**Volüm yönetimi
volüm ölçümünü gerektirir**

SVV – klinik çalışmalar

Volüm yükleme etkisinin tesbiti için en yüksek sensitivite ve spesifite sağlar.



Berkenstadt et al, Anesth Analg 92: 984-989, 2001



SVV – klinik uygulama

- ✓ **SVV dinamik bir parametredir, sürekli olarak ölçülür**
- ✓ **Sadece kontrollü mekanik ventilasyondaki hastalarda uygulanabilir**
- ✓ **SVV kalbin volüm yüklemeye reaksiyonunun tespit edilebilmesini sağlar ve Frank – Starling eğrisinin eğimi ile doğrudan ilişkilidir.**

Berkenstadt et al, Eur J Anaesthesiol 17 (19): 49, 2000

Reuter et al, Eur J. Anaesthesiol 17 (Suppl 19): 163, 2000

Reuter et al, Britisch Journal of Anaesthesia 88 (1) 124-6, 2002



EVLW

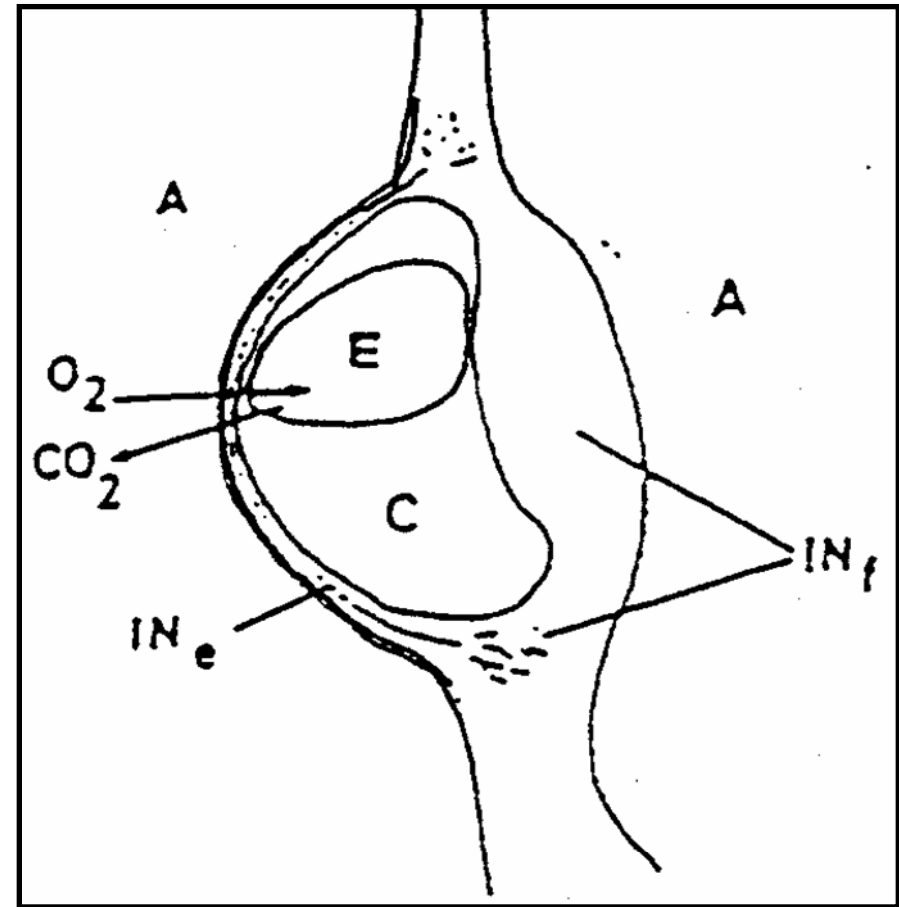
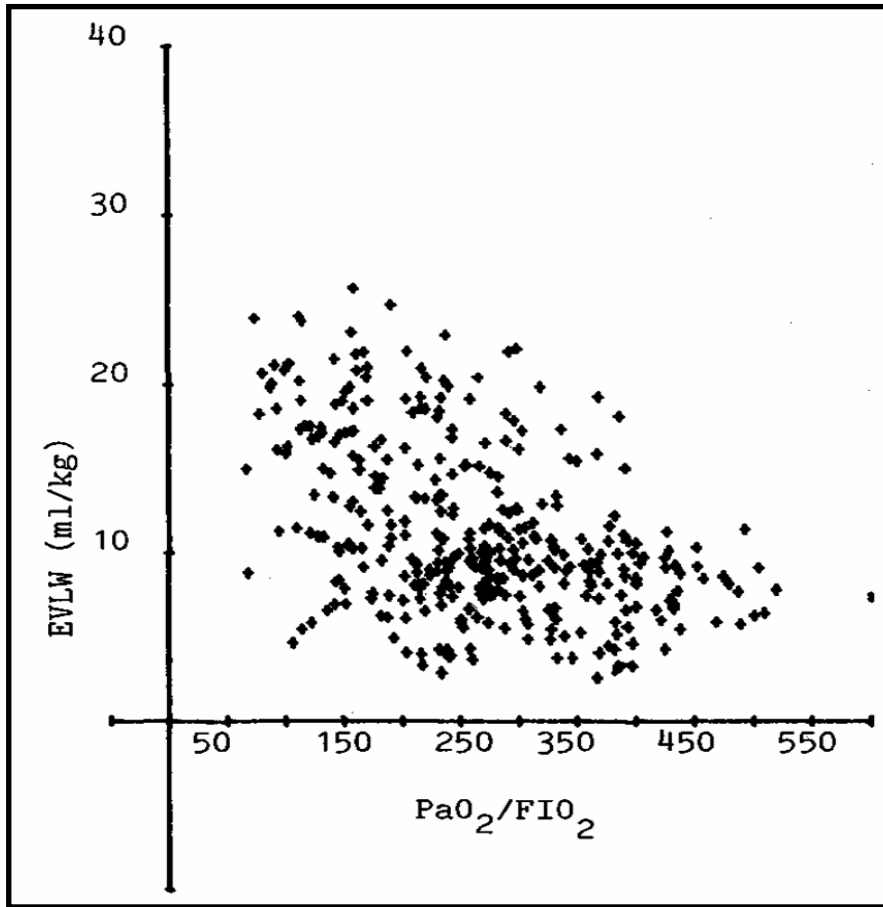
Extravascular Lung Water

- ✓ ml cinsinden kantitatif sonuç
- ✓ Akciğerlerdeki su miktarı
- ✓ Yüksek doğruluk
- ✓ Hastabaşında hızlı ve güvenilir sonuç

EVLW ve göğüs X-ray karşılaştırması

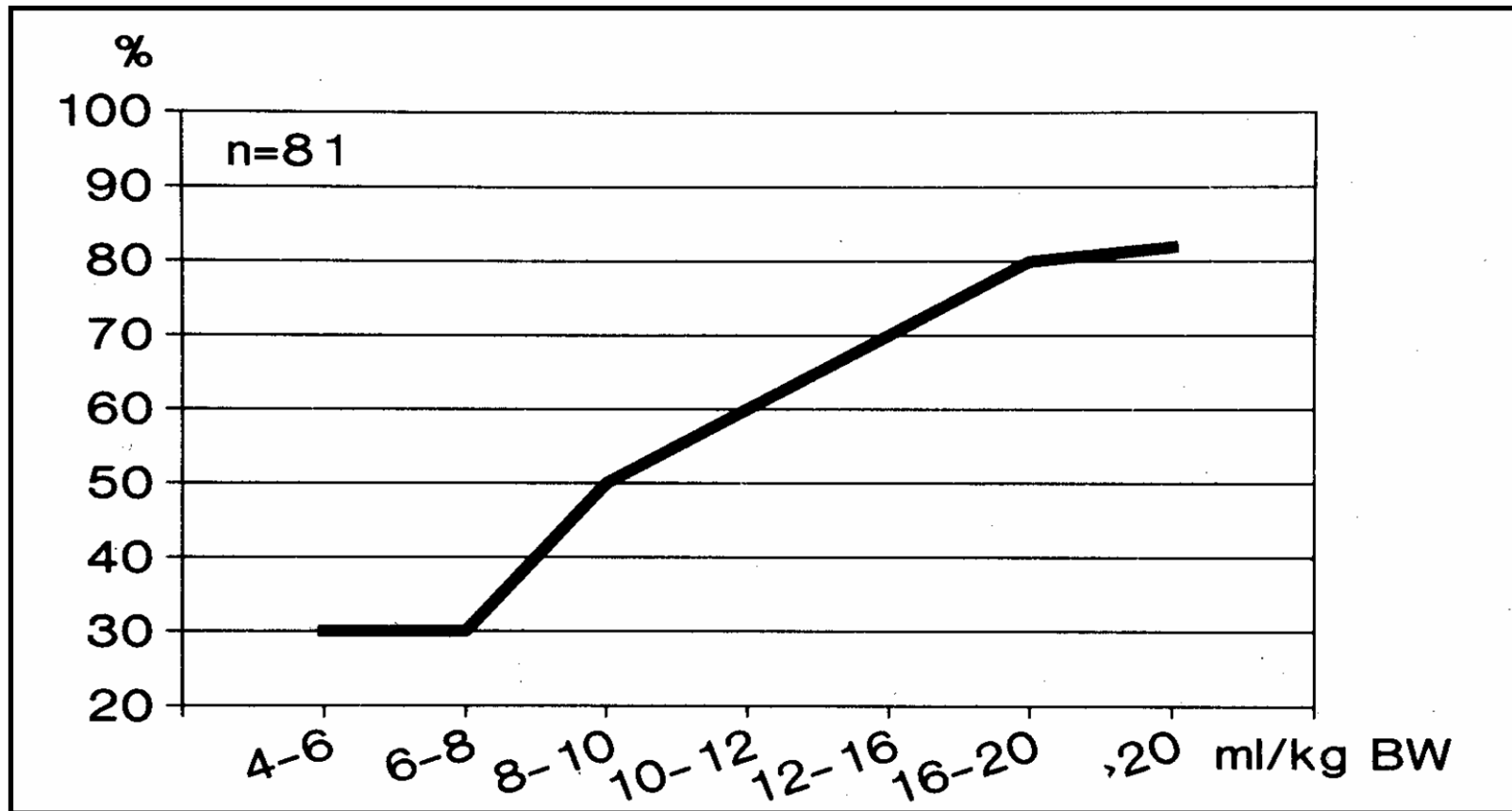
Kaynak	Karşılaştırma	Korrelasyon
Baudendistel et al, 1982 J Trauma 22: 983	X-ray score vs.EVLW	77 %
Sibbald et al, 1983 Chest 83: 725	comparison cardiac edema comparison non cardiac edema	r = 0,66 r = 0,7
Sivak et al, 1983 Crit Care Med. 11: 498	X-ray score vs EVLW Δ X-ray score vs. Δ EVLW	64 % 42 %
Laggner et al, 1984 Intensive Care Med. 10: 309	X-ray score vs. EVLW	r = 0,84
Halperin et al, 1985 Chest 88: 649	Δ X-ray score vs. Δ EVLW	r = 0,51
Haller et al, 1985 Fortschr. Röntgenstr. 142: 68	X-ray score vs. EVLW	66 %
Eisenberg et al, 1987 Am Rev Resp Dis 136: 662	X-ray score vs. EVLW	76 %
Takeda et al, 1995 J Vet Med Sci 57 (3): 481	X-ray score vs. EVLW	X-ray insensitive

EVLW ve oksijenasyon



Böck, Lewis, In: Practical Applications of Fiberoptics in Critical Care Monitoring, Springer Verlag Berlin - Heidelberg - NewYork 1990, pp 129-139

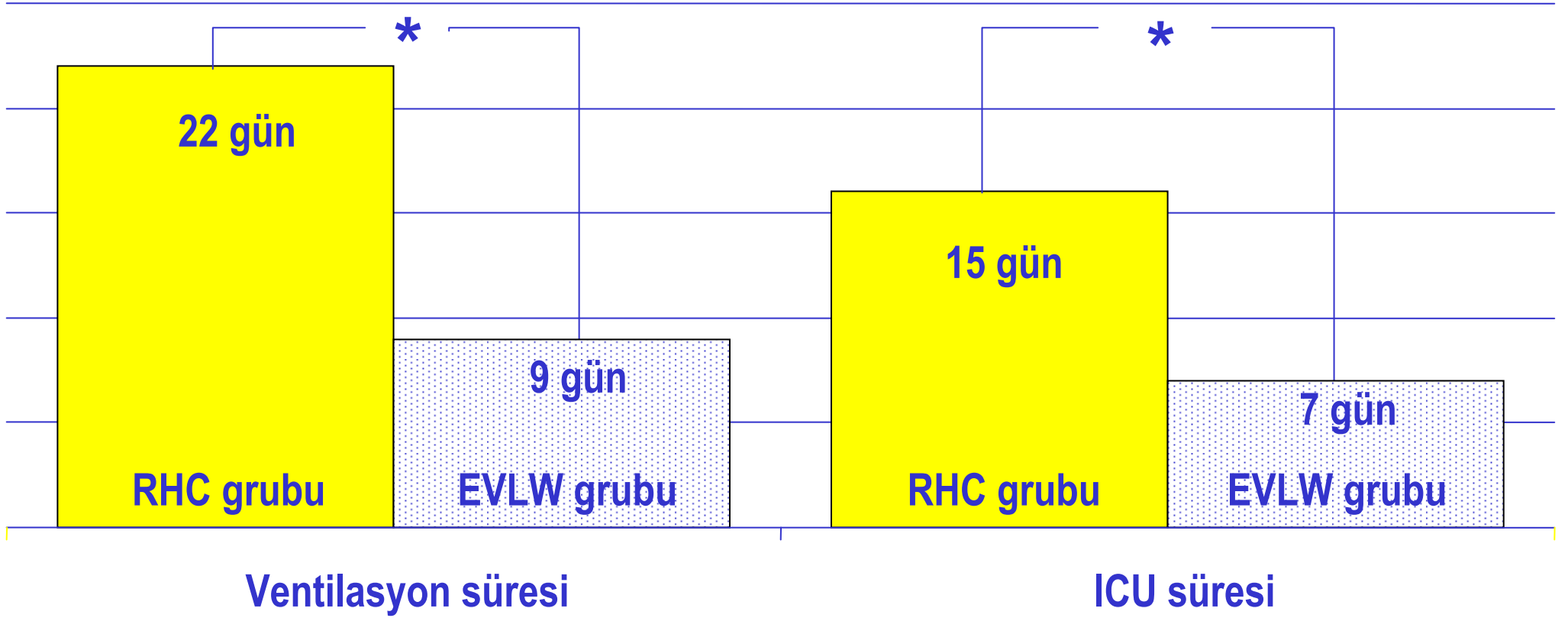
EVLW ve mortalite



*Sturm, In: Practical Applications of Fiberoptics in Critical Care Monitoring,
Springer Verlag Berlin - Heidelberg - NewYork 1990, pp 129-139*

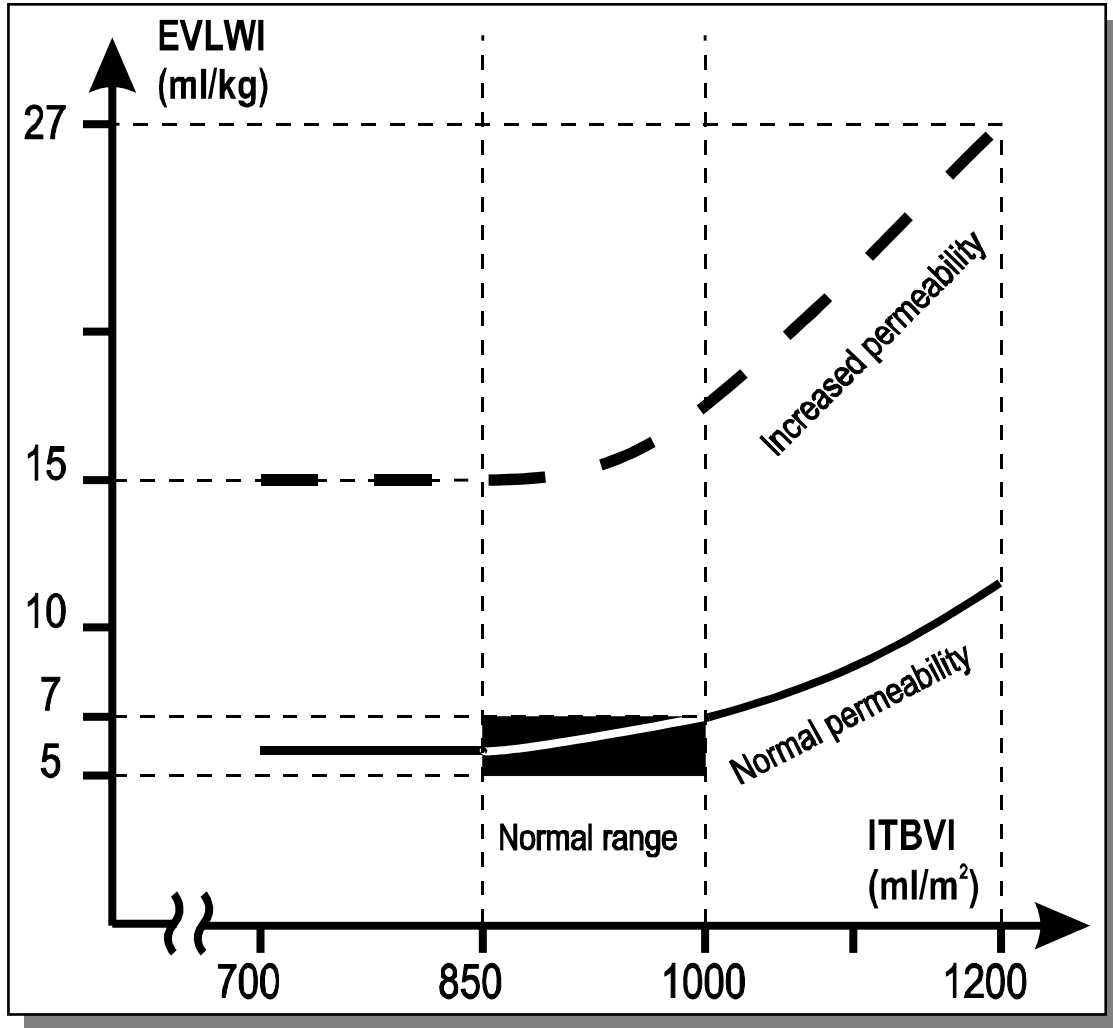
EVLW takibi

n=101



After: Mitchell et al, Am Rev Resp Dis 145: 990-998, 1992

ITBVI nin EVLWI ile ilişkisi



Artan PVPI

Normal PVPI



Extravascular Lung Water - Sonuç

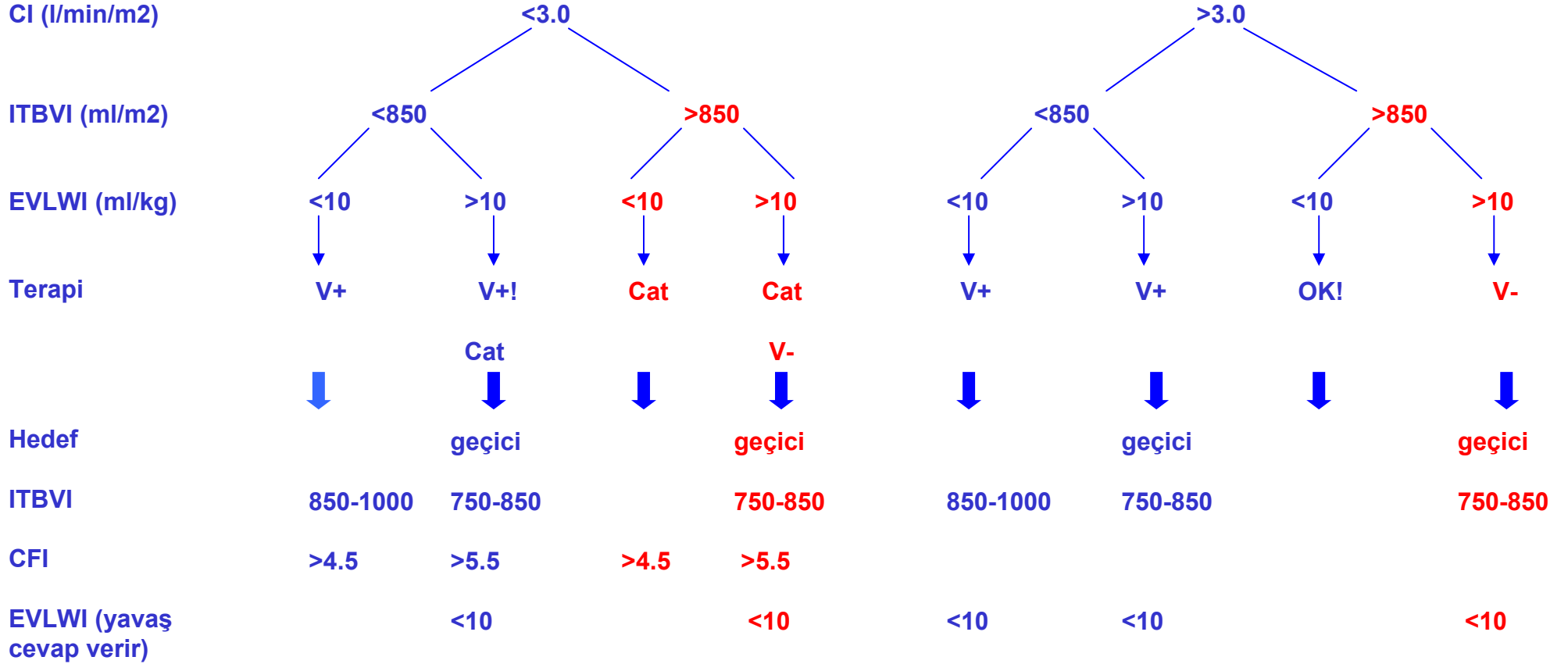
- ✓ Gravimetrik EVLW ile yüksek korrelasyon, oksijenasyon ve chest X-ray ile düşük korrelasyon
- ✓ ARDS şiddeti ve mortalite ile yüksek korrelasyon
- ✓ PVPI pulmoner vasküler permeabiliteyi yansıtır
- ✓ EVLW + ITBV birlikte kullanımı: optimal volume yönetimi; daha kısa ICU ve ventilasyon süreleri

Artmış akciğer sıvısını azaltmak öncelikle onu ölçmeniz gerekir !!!

Normal deęerler

	<i>Parametre</i>	<i>Aralık</i>	<i>Birim</i>
➤	CI	3.0 – 5.0	l/min/m ²
➤	SVI	40 – 60	ml/m ²
➤	SVRI	1200 – 1800	dyn*s*cm-5*m
➤	MAP	70 – 90	mmHg
➤	GEF	25 – 35	%
➤	CFI	4.5 – 6.5	1/min
➤	HR	60 – 90	1/min
➤	GEDVI	680 – 800	ml/m ²
➤	ITBVI	850 – 1000	ml/m ²
➤	SVV	≤ 10	%
➤	EVLWI	3.0 – 7.0	ml/kg
➤	PVPI	1.0 – 3.0	

Hemodinamik / volümetrik izleme için karar şeması



V+ = volüm yükleyin (! = dikkatlice)

V- = volüm çekin

Cat = katekolaminler / kardiyovasküler ajanlar



PiCCO - Avantajlar

- ✓ Sağ kalp kateteri kullanmadan (RHC)
 - Dinamik ve daha az invaziv „atımdan atıma“ ölçüm
- ✓ Akış, preload, afterload and kontraktilite ölçümleri
- ✓ Kantitatif extravascular lung water
- ✓ Yorum gerektirmeyen, klinik olarak doğrudan uygulanabilir parametreler
- ✓ Yoğun bakım sürelerinin ve maliyetlerin azaltılması
- ✓ TD-Kateteri: Kısa sürede yerleştirilir; 10 güne kadar kullanılabilir;
Hızlı ve basit kullanım; Kısa cevap süresi
- ✓ Pediatrik hastalarda kolay kullanım



PiCCO...

...Basit – Güvenilir – Hızlı – Spesifik