



PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
UNIVERSITY OF PÉCS

Hemodinamikai monitorozás

OFTEX tanfolyam
2023. január 25-27.
Pécs

Dr. Kiss Tamás PhD
**PTE KK Aneszteziológiai és Intenzív
Terápiás Intézet**

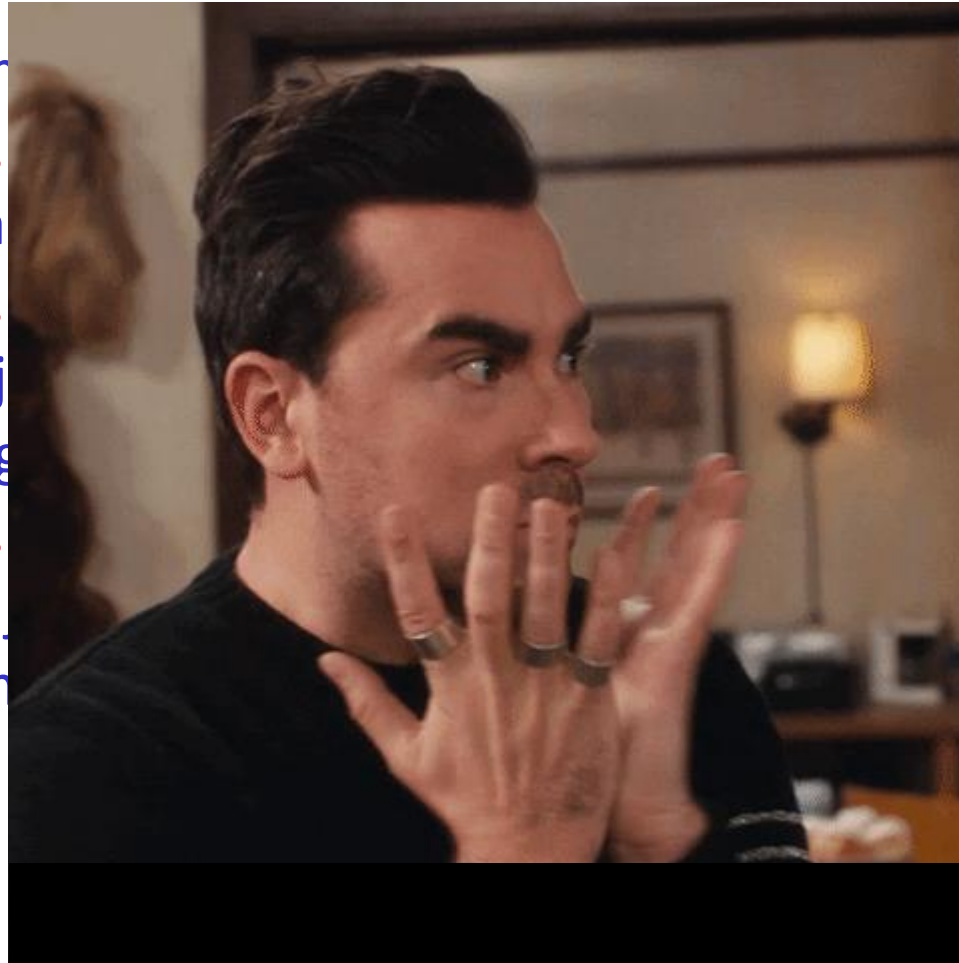


Mit monitorozunk, és főként miért?

A kritikus állapotú beteg

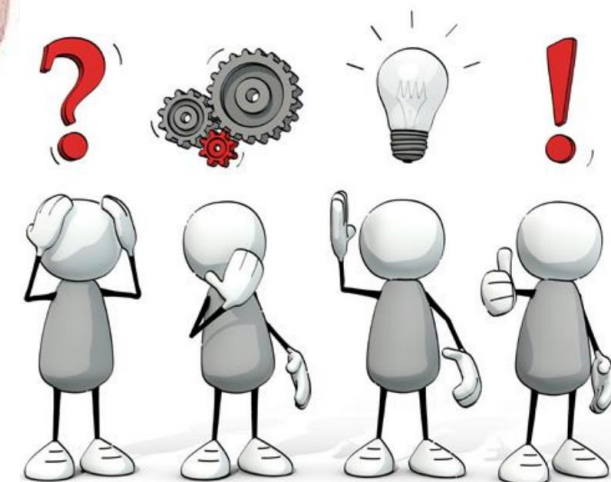
Kérdések....

- A jó vérnyomást is jelent ?
Sajnos NEM.
- A jó SpO2 vagy a jó PaO2 is jelet is jelent ?
Sajnos NEM.
- Hogyan mérjük a vérnyomást ?
- Biztosan reagál a vérnyomásra ?
Sajnos NEM.
- Transzfundálást is igényel ?
- Akkor most mit kell monitorozni ? DE melyiket?



Ha nem tudsz valamit, akkor mérd meg!

Prof. Molnár Zsolt



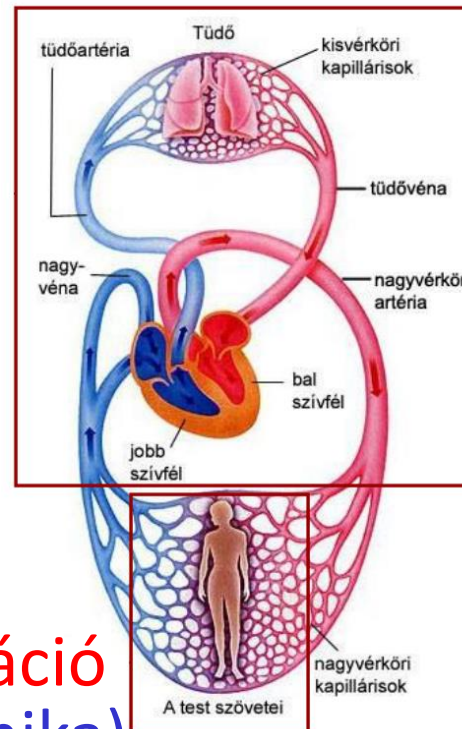
De mit mérjek ???

Miért kell monitorozni ...?

Mert adekvát szervi, szöveti, sejt szintű perfúziót akarunk biztosítani.

Központi helyen a **vérellátás** és az **oxigén**.

makrocirkuláció
(makro-hemodinamika)



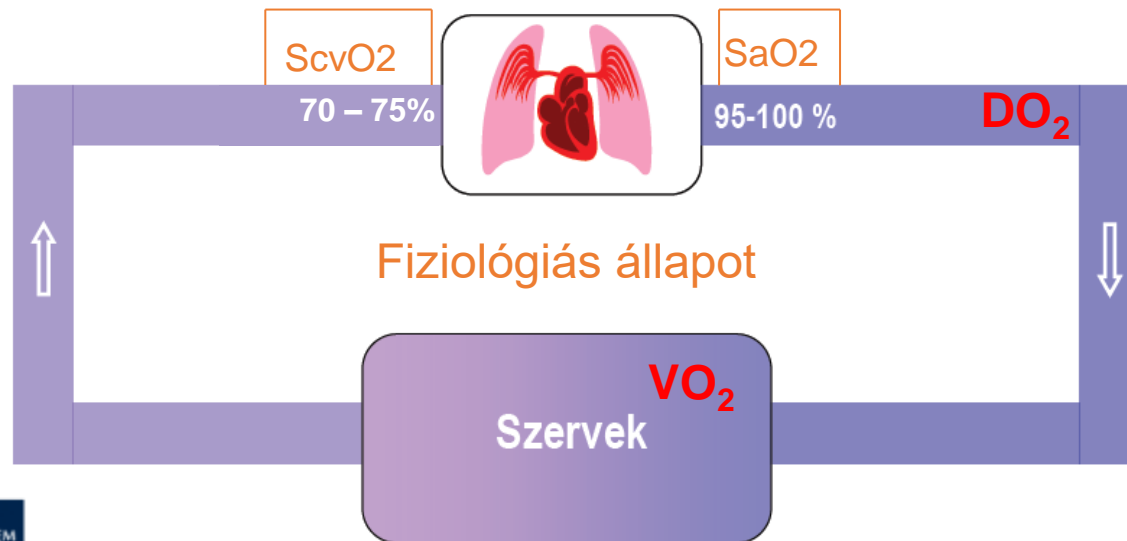
Makro-hemodinamika nincs mikro-hemodinamika nélkül és fordítva.

mikrocirkuláció
(mikro-hemodinamika)

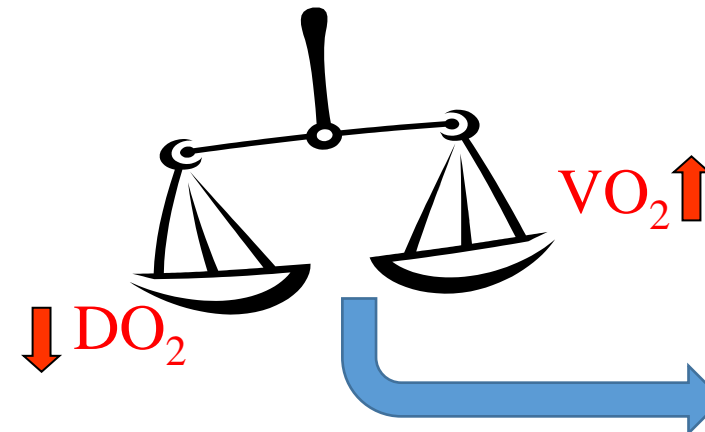
Miért is kell monitorozni ...?

$$DO_2 = \underbrace{(SV \times HR)}_{CO} \times \underbrace{(Hgb \times 1,34 \times SaO_2 + 0.003 \times PaO_2)}_{CaO_2} \sim 1000 \text{ ml/p (SaO}_2=100\%)$$

$$VO_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2) \sim 250 \text{ ml/p (ScvO}_2 \sim 70-75\%)$$



A kritikus állapotú beteg



SOKK

Mit monitorozzuk...? – a „rutin”

- hűvös végtag = hypoperfúzió: 39% pos. pred.
- hűvös végtag + alacsony HCO_3^- = hypoperfúzió: 98% pos. pred.

Kaplan LJ et al. *J Trauma* 2001; 50: 620-7

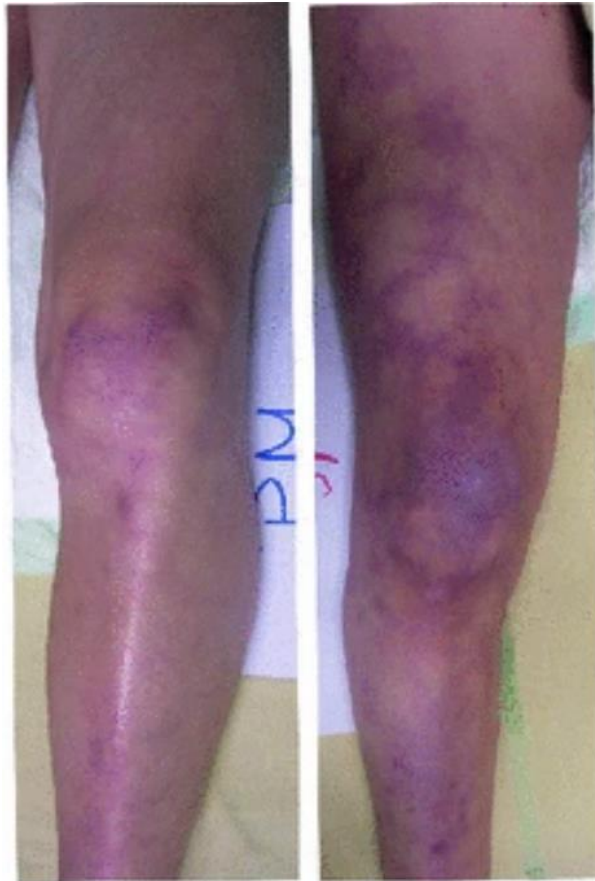
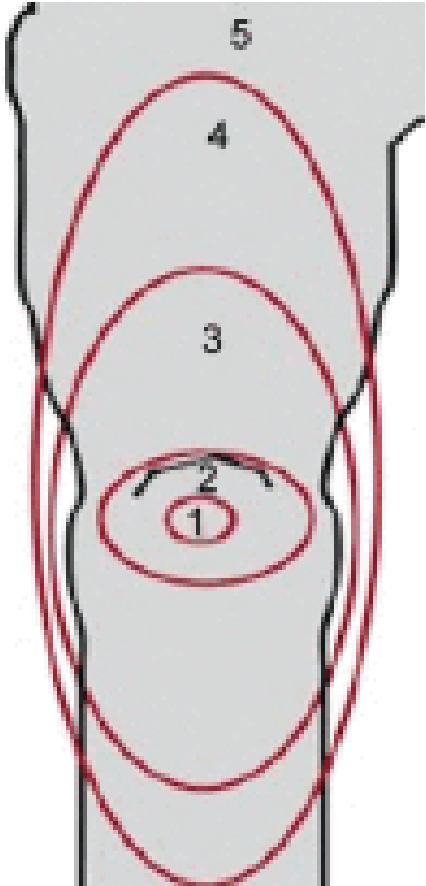
- márványozott bőr
- acrocyanosis
- meglassult kapilláris újratelődési idő (CRT): > 2 sec
- megnövekedett centro-perifériás hőmérséklet grádiens

Cecconi M et al. *Intensive Care Med.* 2014 Dec;40(12):1795-815.

- Mottling score

- EKG
- BP (NIBPM – IBPM)
- SaO₂
- légzésszám
- óradiurézis
- (ETCO₂)

Mottling score



pont: 2

pont: 4

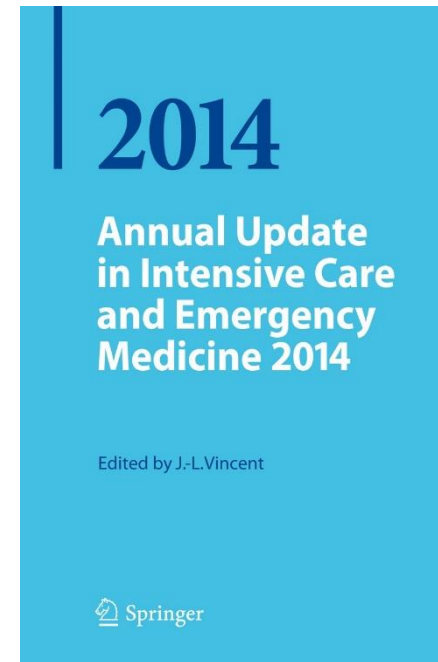
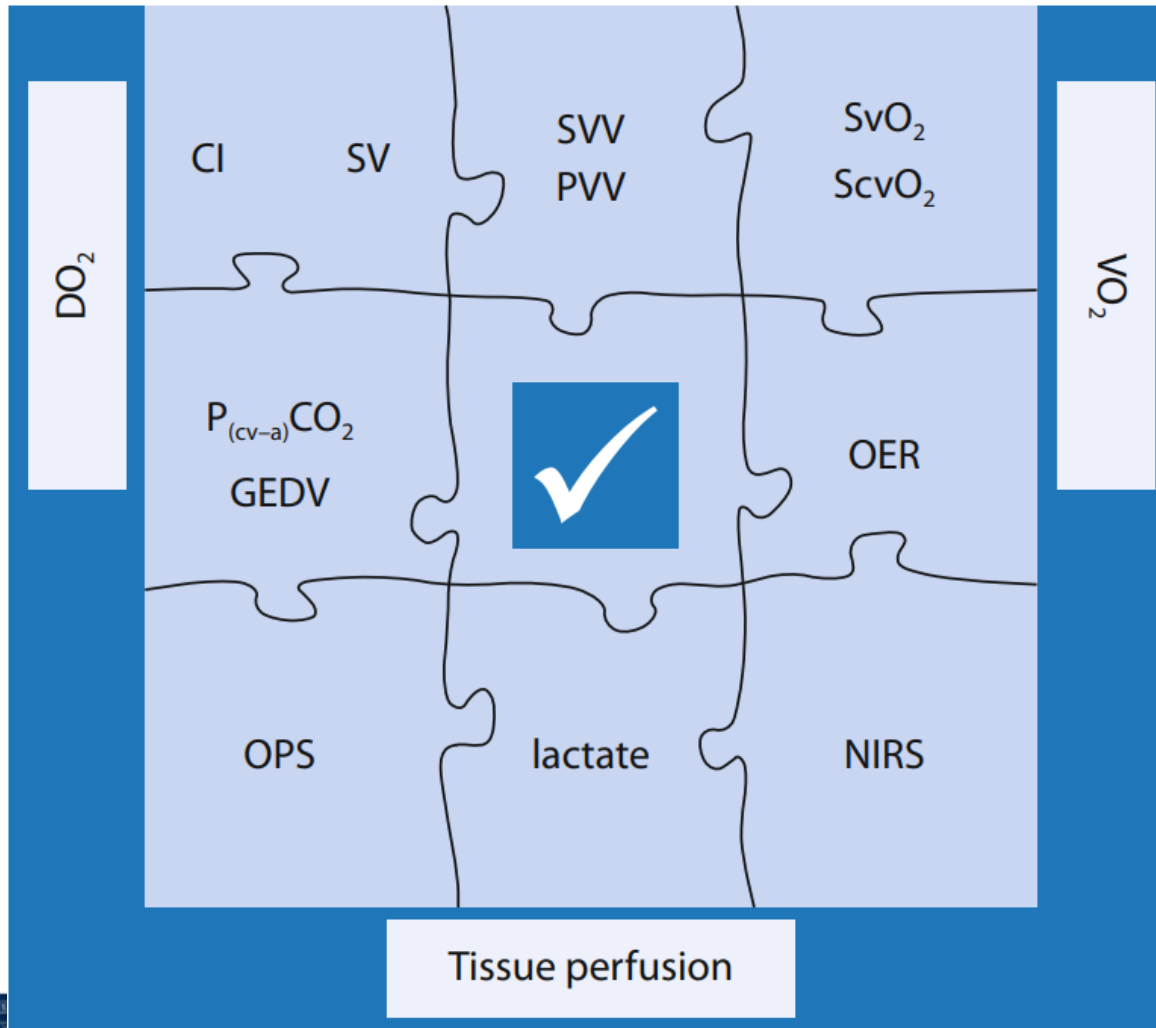
- Mottling score (MS) és 14 napos mortalitás
 - 0-1: OR 1
 - 2-3: OR 16, 95% CI (4-81)
 - 4-5: OR 74, 95% CI (11-1,568), $p < 0.0001$
- Minél magasabb volt a MS, annál korábban következett be a halálozás ($p < 0,0001$).
- A reszuscitációs időszak alatt bekövetkező MS csökkenés jobb prognózist mutatott
 - 14 napos mortalitás 77% vs. 12 % ($p = 0,0005$).

Ait-Oufella H et al. *Intensive Care Med.* 2011;37(5):801-807.

- Ha laktát szint ≥ 2 mmol/l \rightarrow magasabb MS
- A MS a mikrokeringés elváltozásának klinikai jele, amely a szeptikus sokk laktátszintjével korrelál

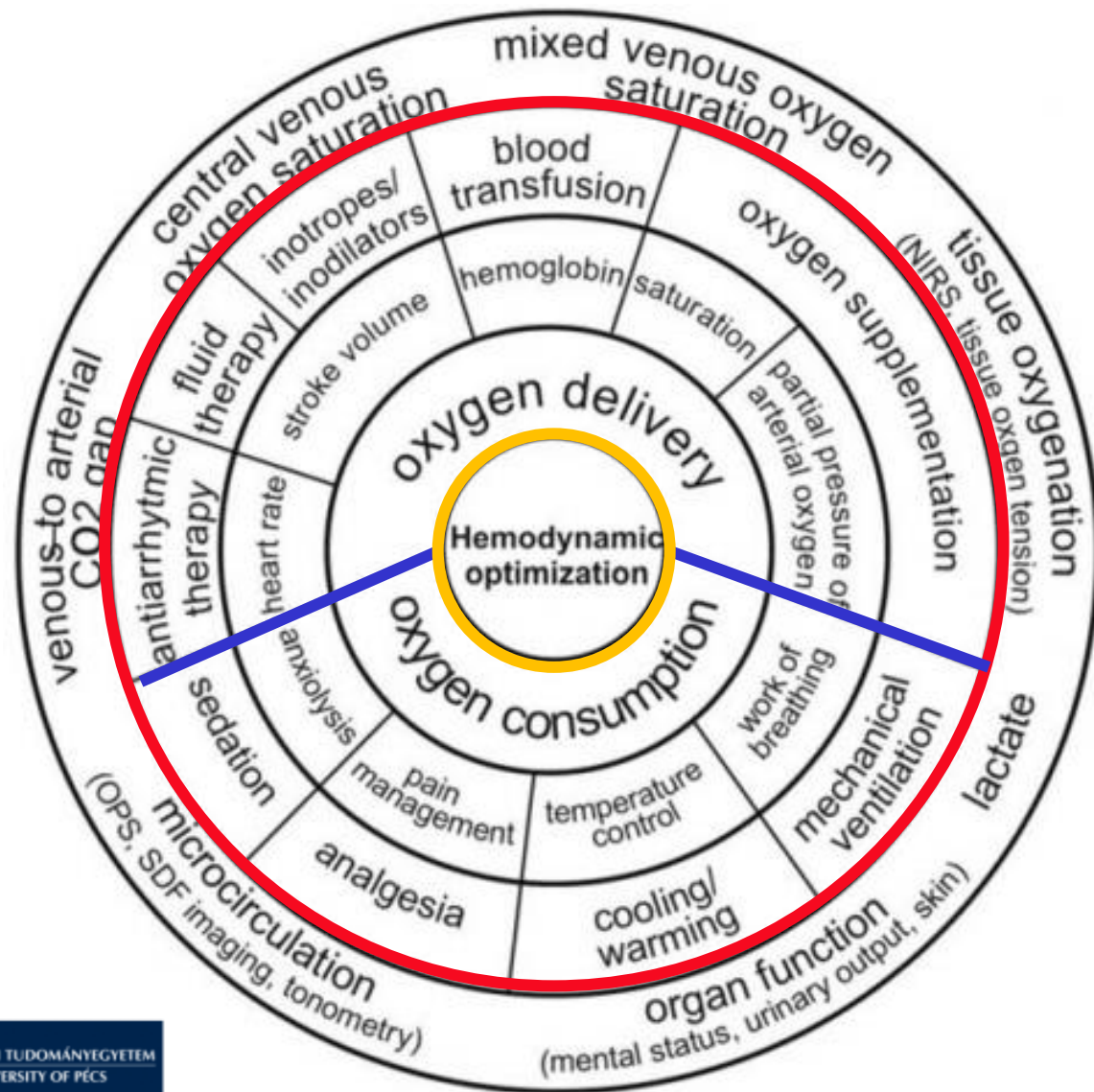
Ferraris A et al. *Indian J Crit Care Med* 2020;24(8):672–676.

A hemodinamikai puzzle



Tánczos, K., Németh, M., Molnár, Z. (2014). The Hemodynamic Puzzle: Solving the Impossible?. In: Vincent, JL. (eds) *Annual Update in Intensive Care and Emergency Medicine*, vol 2014. Springer, Cham.

A hemodinamikai korong



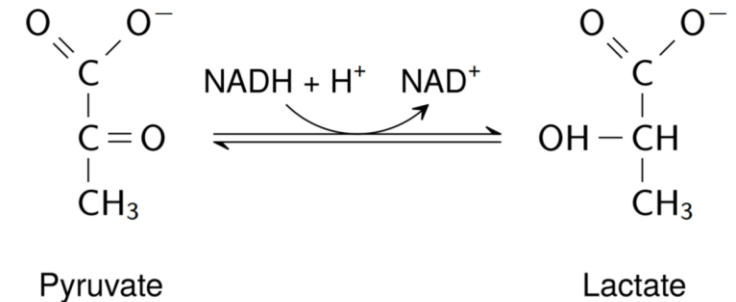
Belső körök: az oxigénszállítást és -fogyasztást befolyásoló és meghatározó tényezők.

Külső kör: olyan paraméterek, amelyeket az oxigénszállítás és -fogyasztás változása befolyásol, és amelyek az ágy mellett értékelhetők.

Hypoperfúzióra utaló klinikai tünetek

Laktát

- Számos klinikai szituációban mutatkozott jó prognosztikai faktornak:
 - trauma
 - szepszis
 - magas rizikójú sebészeti betegek



Meregalli A et al. *Crit Care* 2004; 8:R60–65.

- Azoknál a betegeknél, akiknek hosszabb ideig magas a laktátszintje, rosszabb a kimenetel, mint azoknál, akik a reszuszcitációra csökkenő laktátszimmittel válaszoltak.

Husain FA et al. *Am J Surg* 2003; 185:485–491.

Re'gnier MA et al. *Anesthesiology* 2012;117:1276–1288.

- Ha se-laktát > 2,5 mmol/l → mortalitás ↑
- Ha se-laktát > 5 mmol/l és pH < 7,35 → kifejezetten rossz prognózis

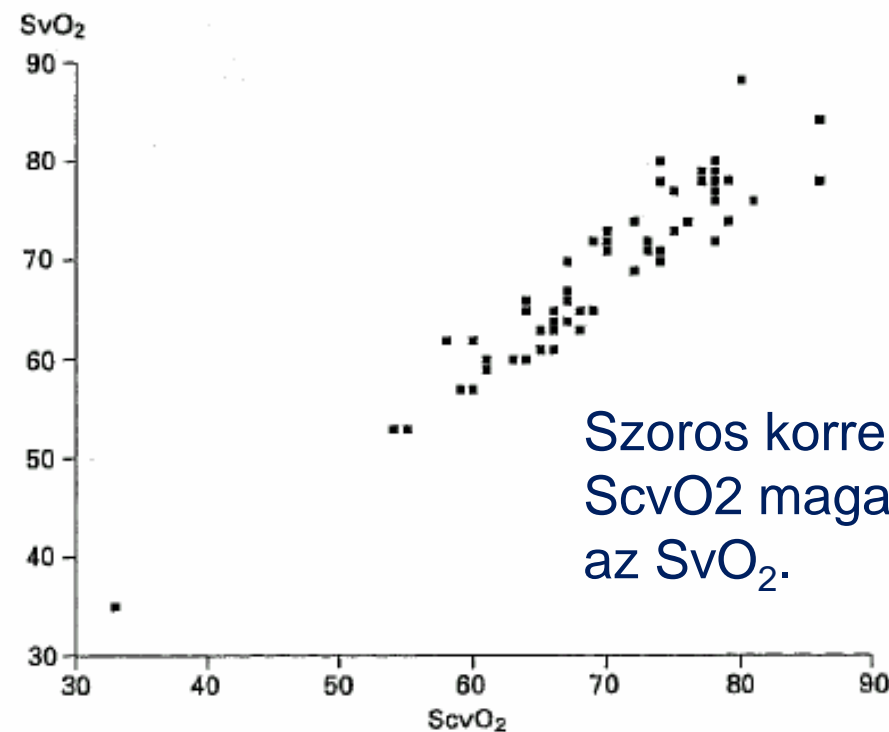
Kyle J Gunnerson et al. *Medscape* Updated: Apr 27, 2018

Az ScvO₂ klinikai jelentősége

Az ScvO₂ csökkenése a szöveti O₂-kezelés szükségességének egyik legkorábbi jele.

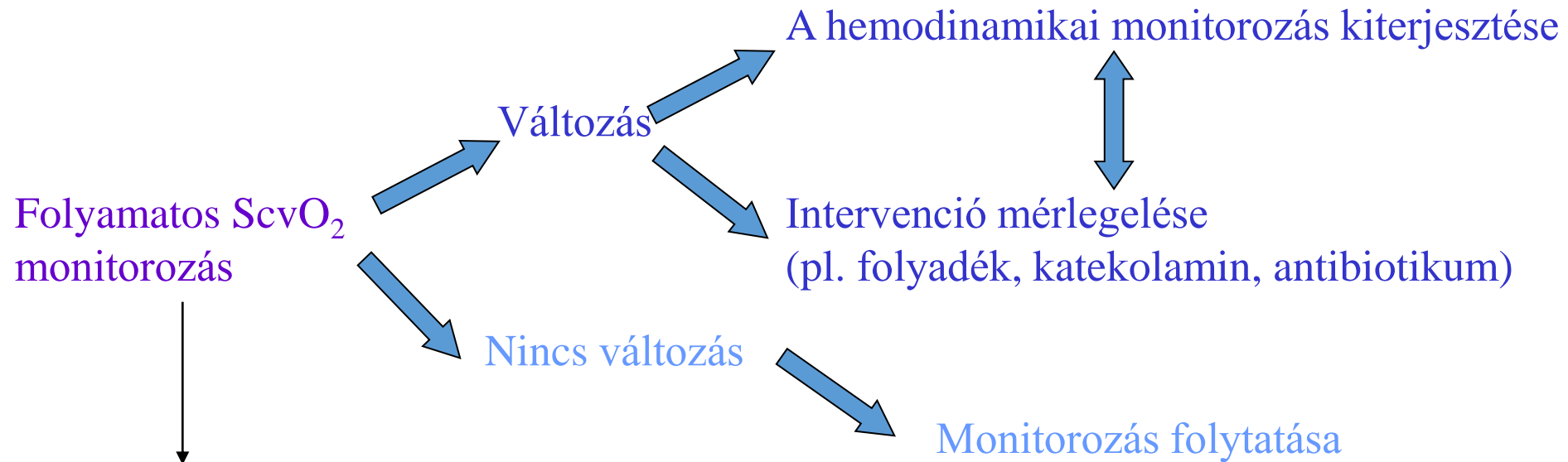
A ScvO₂ abszolút értéke kb. 5%-kal haladja meg az átlagos SvO₂ értéket, de a változások általában párhuzamosan történnek.

Rivers E et al. *Chest* 2006; 129:507–508



Ladakis C et al. *Respiration* 2000;68:279-285

Az ScvO₂ felhasználása



Molnar Zsolt et al. Intensive Care Med. 2007 Oct;33(10):1767-70

Beavatkozást igénylő eltérésnek értékelhető, ha

- az ScvO₂ kívül esik a 70-90%-os tartományon
- az ScvO₂ változása 3-5 percen át meghaladja a $\pm 10\%$ -ot

ScvO₂ eltérés okai

- Alacsonyabb:

- ↓DO₂:

- ↓Hgb koncentráció

- anaemia, vérzés

- ↓SaO₂

- hypoxaemia,
- tüdőbetegség

- ↓cardiac output (CO)

- BK diszfunkció
- hypovolaemia (abszolút vagy relatív)
- bradycardia

- ↑VO₂:

- láz
- epilepszia
- reszketés
- ↑ légzési munka
- fájdalom

1,34

x

[Hgb]

x

SaO₂

x

(SV x HR)

=DO₂

$$VO_2 = CO \times (CaO_2 - CvO_2)$$

- Magasabb

- a vér egyenetlen eloszlása
- shunt
 - sepsis

Centrális vénás - artériás CO₂ különbség (dCO₂)

Meghatározás alapja: Fick-elv

$$VCO_2 = CO \times (CvCO_2 - CaCO_2)$$

VCO₂: CO₂ termelés

CO: keringési perctérfogat

CvCO₂: (centrális) vénás CO₂ tartalom

CaCO₂: artériás CO₂ tartalom

$$dCCO_2 = CvCO_2 - CaCO_2 = k \times dPCO_2$$

$$VCO_2 = CO \times k \times dPCO_2$$

$$dPCO_2 = k \times VCO_2 / CO$$

- A dPCO₂ egyenesen arányos a CO₂ termeléssel és fordítottan arányos a perctérfogattal.

- A dCO₂ emelkedett szintje low-flow állapotra utalhat, még norm. ScvO₂ mellett is

Vallet B et al. *Intensive Care Med* 2013;39:1653–1655
Vallee F et al. 2008; *Intensive Care Med*34:2218–2225

- a dCO₂ ↑ lehet
 - szepszisben
 - szívelégtelenségben
 - súlyos hipovolémiában

Mecher CE et al. *Crit Care Med* 1990; 18:585–589.
Adrogué HJ et al. *N Engl J Med* 1989; 320:1312–1316.

- határ ≈ 6 Hgmm

Kocsi Sz et al. *Crit Care Res Pract.* 2013; 2013: 583598.
Robin E et al. *Crit Care* 2015;19:227

Astrup (pte-ito)	2023.01.23.					2023.01.24.					2023.01.25.	
	[Auto-adatrögzítés 30 percenként]	17:02	17:03	20:44	20:46	22:38	06:31	06:32	12:42	17:39	22:53	06:41
Vérgáz mintavétel helye	Arterial	Venous	Arterial	Venous	Arterial	Arterial	Venous	Arterial	Arterial	Arterial	Arterial	Venous
Astrup Operátor					sug03					sug03		
Készülék sorozatszám	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0274N0063	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024	I393-092R0271N0024
Készülék típusa	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus	ABL90 FLEX Plus
FiO2(I)	50	50	21	30	30	30	30	30	30	30	30	30
⊕ pH	7,35	7,31	7,39	7,34	7,38	7,45	7,39	7,42	7,47	7,43	7,43	7,39
⊕ pCO2	41	50	39	51	38	37	48	40	38	43	42	50
⊕ pO2	160	38	95	33	100	75	30	74	70	71	73	35
⊕ cNa+	136	136	136	135	136	135	134	134	133	134	134	135
⊕ cK+	4,3	4,3	3,9	4,1	4,2	3,8	3,9	3,4	3,5	3,6	3,6	3,8
mOsm,c	280,3	279,3	282,4	280,8	282,4	276,7	276	275,2	274,2	273,6	274,1	275,4
Anion Gap,c	7,5	5,3	6,6	3,1	7,3	5,7	2,5	7,1	5,3	4,5	5,1	3,3
⊕ cCa2+	0,69	0,71	0,87	0,95	0,76	0,82	0,83	0,68	0,68	0,8	0,68	0,82
⊕ Glükóz	7,8	7,5	10,7	10,6	9,9	7,6	7,8	7,7	7,4	6,2	5,3	6,1
⊕ cLac	1,2	1,5	2	2,2	3,5	1,9	2,1	1,3	1,1	0,8	0,8	1
ctBil												
⊕ Hct (Astrup)	40,7	40	39,8	40	36,6	35,4	35,3	32	31,7	30,6	57,4	28,6
⊕ HCO3	23	25	24	27	22	26	29	26	28	28	28	30
⊕ HCO3std	22	22	23	24	22	26	27	26	28	28	27	28
⊕ cBase(Ecf)	-2,9	-1,4	-1,4	1,1	-2,8	1,9	4,2	1,8	3,7	3,9	3,3	5,3
⊕ cBase(B)	-2,8	-1,9	-1,3	0,4	-2,4	1,9	3,5	1,7	3,5	3,5	2,8	4,6
⊕ SO2c		64	98	58	98	97	55	96	96	96	96	64
⊕ ctHb	13,3	13,1	13	13,1	11,9	11,5	11,5	10,5	10,3	10	18,7	9,3
FCOHb	2,5	2,4	2,1	2	1,3	2,1	1,9	2,1	2	1,8	1,8	1,8
pO2(a)/FiO2(I)	321		452		332	250		246	233	238	243	
pO2(a)/FiO2(I)(számított)	320	75	452	111	332	250	99	246	233	238	243	115

Mikor, mit ...?

Ha **korán** akarsz tudni, hogy **valami** nincs rendben,
ellenőrizd az $ScvO_2$ -t és a dCO_2 -t!

Ha azt akarsz tudni, **mi** a baj és **miért**,
használd
kiterjesztett (invazív) hemodinamikai monitorozást!

Lehetőségek

Invazív és non-invazív haemodinamikai monitorozás lehetőségei

• Invazív

- CeVox™
- CCO – Vigileo Monitor™
- ProAQT™
- PiCCO™
- Volume View™
- LiDCO™
- Swan-Ganz katéter (PAC)

• Nem invazív

- TTE
- TEE
- Oesophagealis Doppler
- USCOM™
- BIA – bioelektromos impedancia

NICO™



Invazív hemodinamikai monitorozás

A European Society of Intensive Care Medicine ajánlása szerint:

- Súlyos sokállapotokban kiterjesztett hemodinamikai monitorozás javasolt.
- Erre a célra használható:
 - arteria pulmonalis katéter (Swan-Ganz katéter)
 - transzpulmonális thermodilúciós alapon működő eszközök
 - PiCCO (Pulsion Medical Systems, Munich, Germany)
 - Volume View (Edwards LifeSciences, Irvine, United States of America)

Intensive Care Med (2014) 40:1795–1815
DOI 10.1007/s00134-014-3525-z

CONFERENCE REPORTS AND EXPERT PANEL

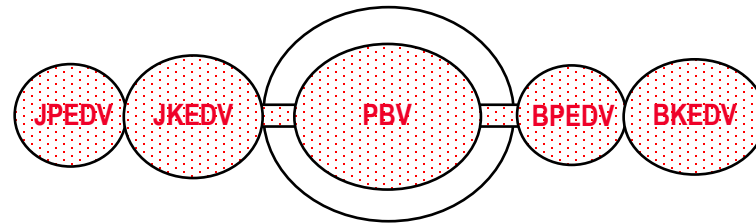
Cecconi M et al. *Intensive Care Med.*2014;40:1795–1815

Maurizio Cecconi
Daniel De Backer
Massimo Antonelli
Richard Beale
Jan Bakker
Christoph Hofer
Roman Jaeschke
Alexandre Mebazaa
Michael R. Pinsky
Jean Louis Teboul
Jean Louis Vincent
Andrew Rhodes

**Consensus on circulatory shock
and hemodynamic monitoring. Task force
of the European Society of Intensive Care
Medicine**

Volumetria vagy nyomásmérés

A cardialis praeload
volumen,
NEM
nyomás



A volumenkezelésre
volumenmérés szükséges

Az elmúlt 10 – 20 évben megjelent CVP-PCWP-ITBV-t összehasonlító állatkísérletek és klinikai tanulmányok eredményei alapján nagy biztonsággal kijelenthetjük, hogy lélegeztetett, vagy súlyos állapotú (sokkos, szeptikus) betegekben a **volumetriás módszer megbízhatóbb**, mint a nyomásmérésen alapuló preload meghatározás.

Lichtwarck-Aschoff M et al *Intensive Care Med.* 1992;18(3):142-7

Sakka SG et al *J Crit Care.* 1999 Jun;14(2):78-83

Goedje O et al. *Chest.* 2000Sep;118(3):775-81

Sakka SG et al. *J Clin Monit Comput.* 2012 Oct;26(5):347-53

Monnet X, Teboul JL. *Crit Care.* 2017 Jun 19;21(1):147

Staikus vs. dinamikus paraméterek

- A fő kérdés: a **folyadék válaszkészség** (fluid respnsiveness - FR)
- A keringési perctérfogat (CO) szignifikáns emelkedése (10-15%) az intravaszkuláris volumen expanzióját követően bekövetkezik-e?
- A folyadék reszuszitációra a betegek egy része nem reagál, még akkor sem, ha a statikus paraméterek hipovolémiát mutatnak
- A felesleges folyadékbevitel okozta hipervolémia potenciálisan veszélyes (szöveti ödemák; pl. tüdő, sebvonal, bélvarrat stb.)

Sokk

- invazív artériás vérnyomás mérés
- CVK biztosítás

igen

vélt vagy igazolt szeptikus sokk
- SOFA
- vérkép, CRP, PCT

nem

sokkállapot hátterének tisztázása

igen

folyadék reszuszcitáció mellett perzisztáló hipotenzió (MAP < 65 – 70 Hgmm)

nem

monitorozás

igen

noradrenalin bevezetés

invazív hemodinamikai monitorozás kiterjesztése (PiCCO)

igen

adekvát folyadékreszuszc. ellenére perzisztáló magas NA igény (> 0,6 µg/kg/min)

nem

NA monoterápia folytatása

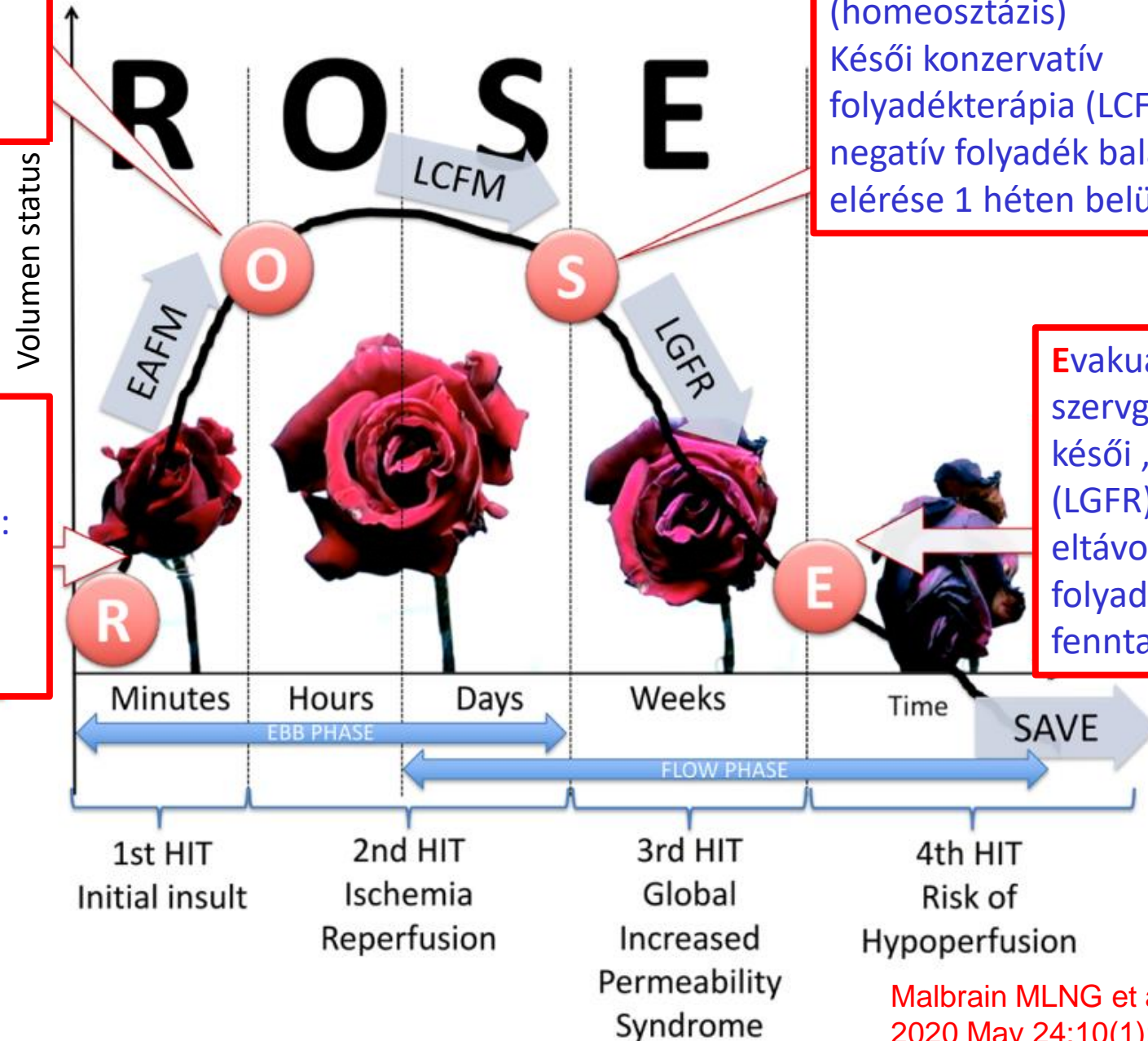
igen

vasopressin bevezetése NA mellé

dobutamin bevezetése invazív hemodinamikai monitorozás (PiCCO) és echocardiográfia eredményének megfelelően

Optimalizációs fázis:
szervmentés
(fenntartás) +
folyadék túltöltés
kerülése
Cél: neutrális
folyadék egyensúly

Resuscitációs fázis:
Életmentő fázis, korai
megfelelő folyadék th (EAFM):
30ml/kg/ óra (SSCG) vagy
bólus 4ml/kg 5-10 perc



Stabilizációs fázis:
szervtámogatás
(homeosztázis)
Késői konzervatív
folyadékterápia (LCFM)
negatív folyadék balansz
elérése 1 héten belül

Evakuációs fázis:
szervgyógyulás aktív
késői „goal directed”
(LGFR) folyadék
eltávolítás + negatív
folyadék balance
fenntartása

R.O.S.E koncepció

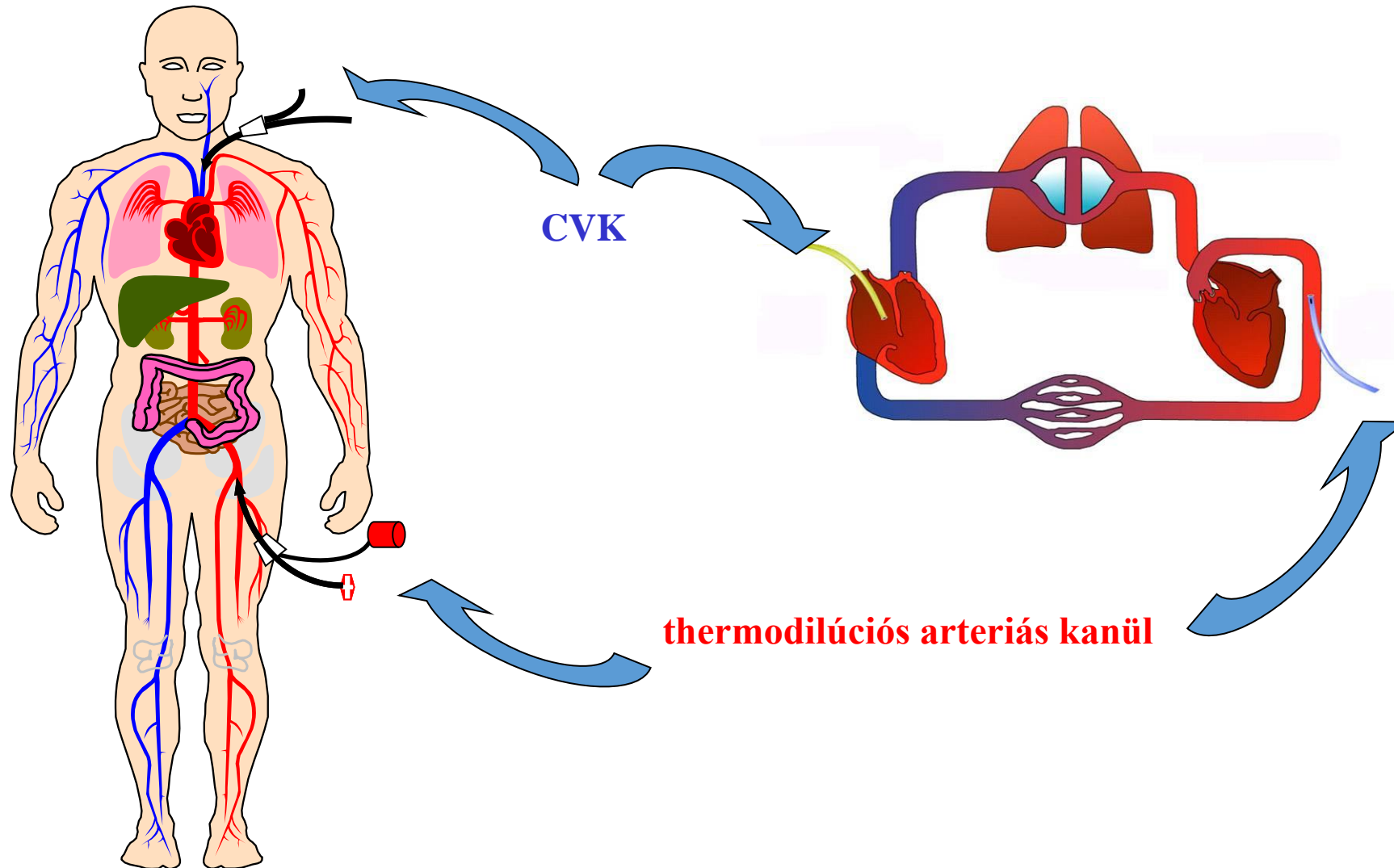
	Resuscitáció	Optimalizáció	Stabilizáció	Evakuáció	
inzultus	első	második	második	harmadik	negyedik
ok	gyulladás	ischaemia / reperfúzió	Ischaemia / reperfúzió	GIPS (global increased permeability syndrome)	hipoperfúzió
fázis	apály	flow	flow/no flow	no flow	no flow
fő kérdés	When to start fluids?	When to stop fluids?	When to stop fluids?	When to start unloading?	When to stop unloading?
folyadék egyensúly	pozitív	neutrális	neutrális/negatív	negatív	neutrális
monitorozás eszköze	art. kanül, CVK, nem aklibrált CO, TTE, TEE, (PPV, SVV)	kalibrált CO (TPTD , PAC)	kalibrált CO (TPTD); folyadék egyensúly; BIA (ECW, ICW, TBW, VE)	kalibrált CO (TPTD); folyadék egyensúly; BIA (ECW, ICW, TBW, VE)	LiMON, gasztrikus tonometria, microdialysis

TranszPulmonális ThermoDilúciós (TPTD) technika

A transzpulmonális thermodilúciós (TPTD) mérések által vezetett kezelési stratégia javította a magas rizikójú sebészi és kritikus állapotú betegek ellátását.

Sakka SG et al. *J Clin Monit Comput.* 2012 Oct;26(5):347-53

Kanülök



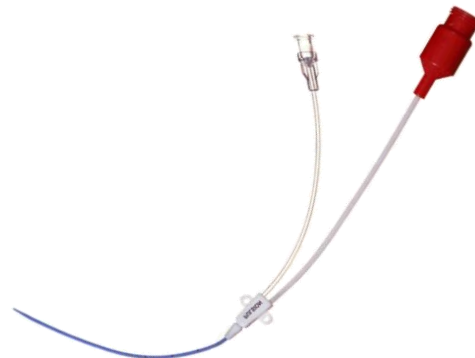
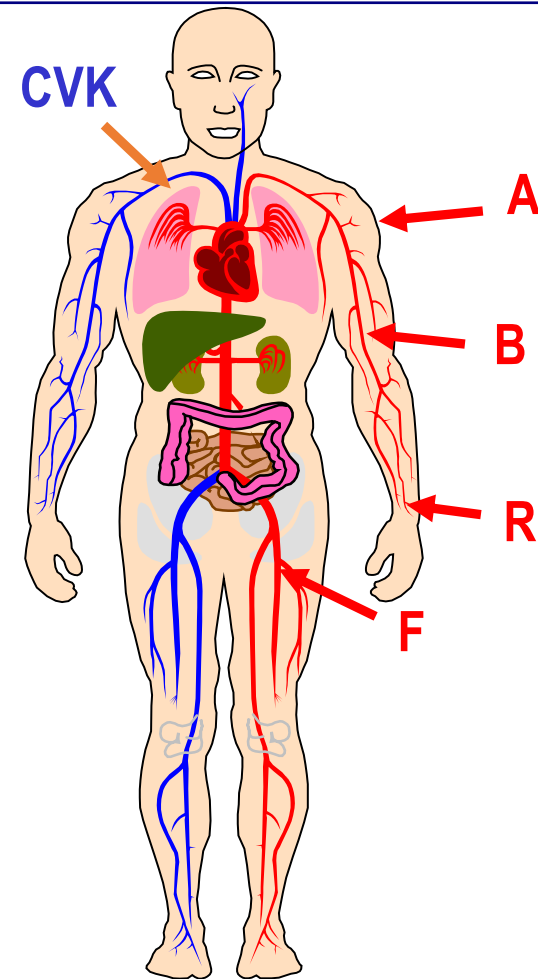
Kanülök elhelyezése

Centralis venas kanül (CVK)

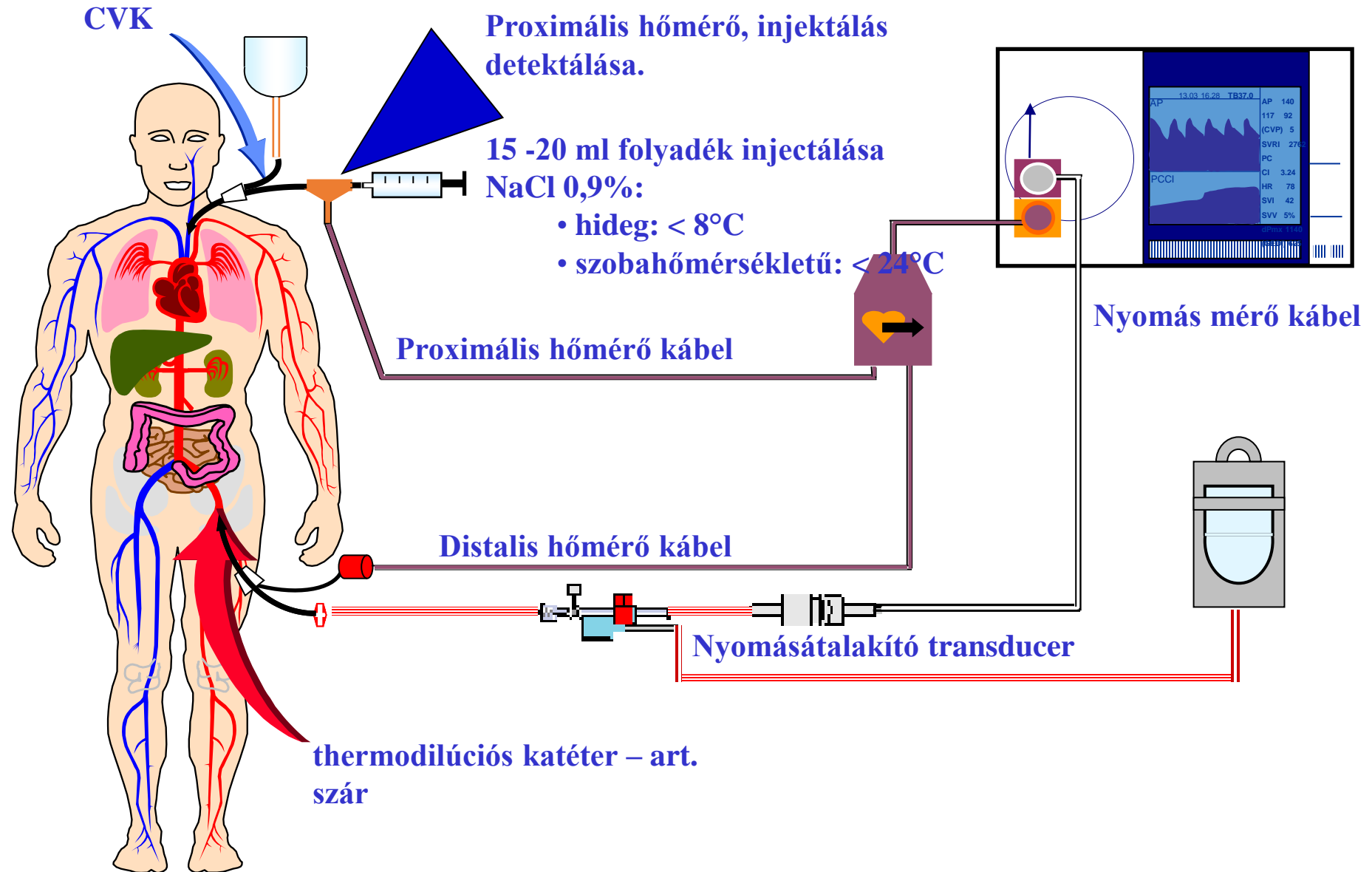
- v. jug. int. vagy v. subclavia
- vége a VCS-ban

thermodilúciós katéter (art. vég)

Axillaris:	4F (1,4mm)	8cm
Brachialis:	4F (1,4mm)	22cm
Femorális:	3-5F (0,9-1,7mm)	7-20cm
Radialis:	4F (1,4mm)	50cm

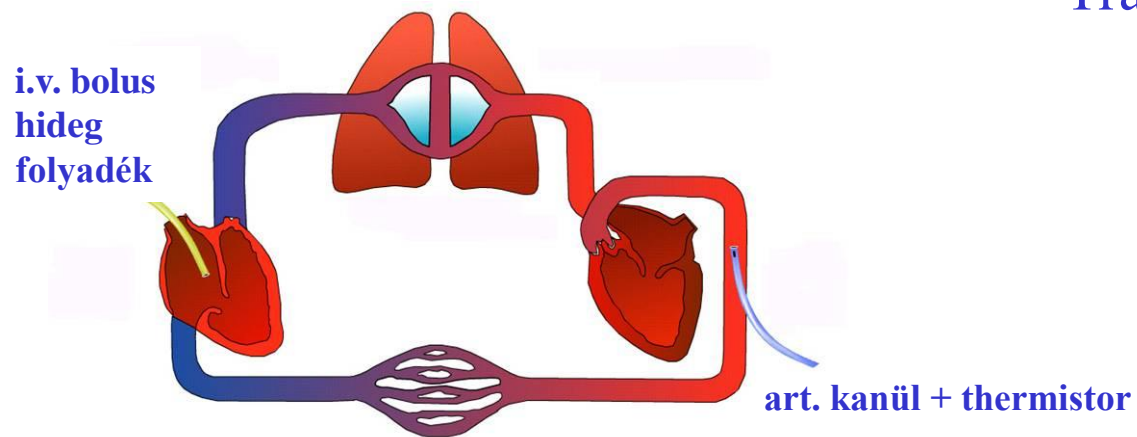


A mérés menete

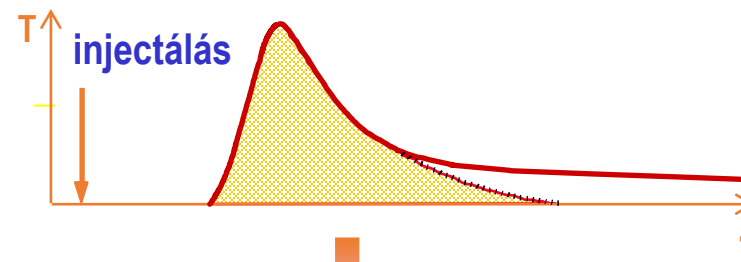


Működési elv

Haemodinamikai és volumetriás paraméterek mérése

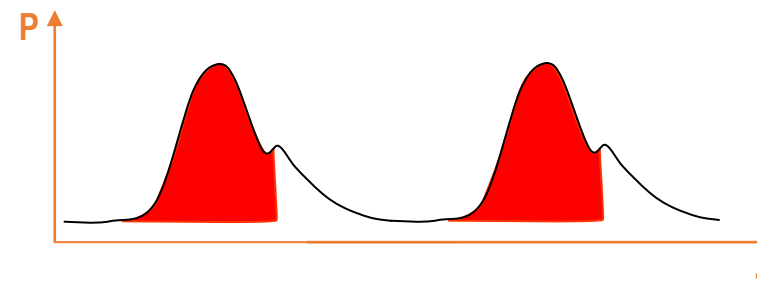


Transzpulmonalis thermodilúció

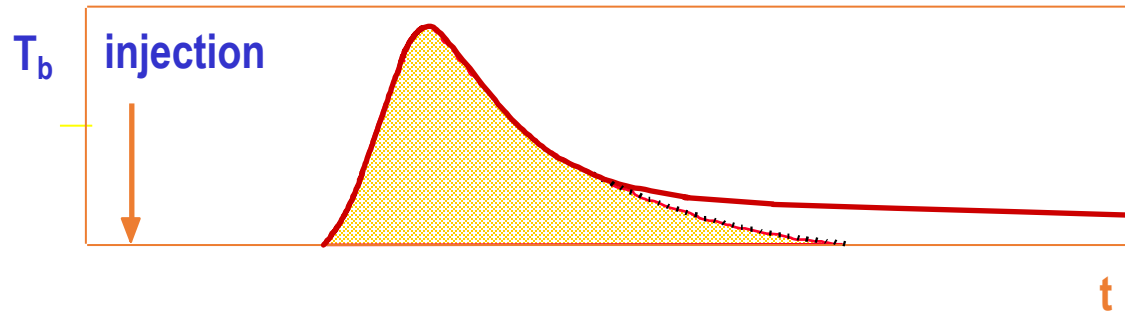


Kalibráció

Pulzuskontúr analízis



A CO számolása



A CO számítás alapja: a thermodilúciós görbe alatti terület.

Stuart-Hamilton egyenlet:

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

T_b = Vér hőmérséklete

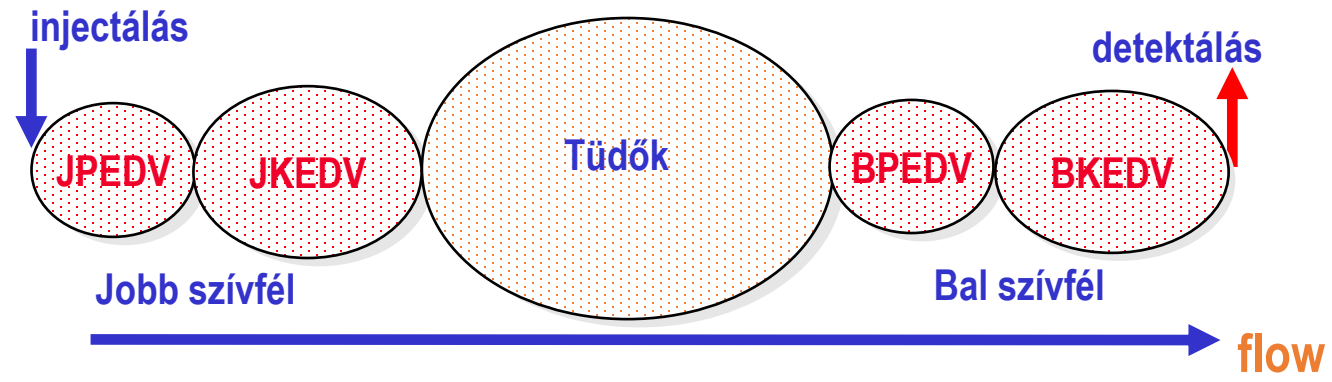
T_i = Az injectált folyadék hőmérséklete

V_i = Injectált volumen

$\int \Delta T_b \cdot dt$ = a thermodilúciós görbe alatti terület számértéke = a vér hőmérsékletének idő szerinti integrálja

K = Korrekciós konstans, a testtömeg, a vérhőmérséklet és az injectált folyadék hőmérséklete alapján

Thermodilúciós paraméterek



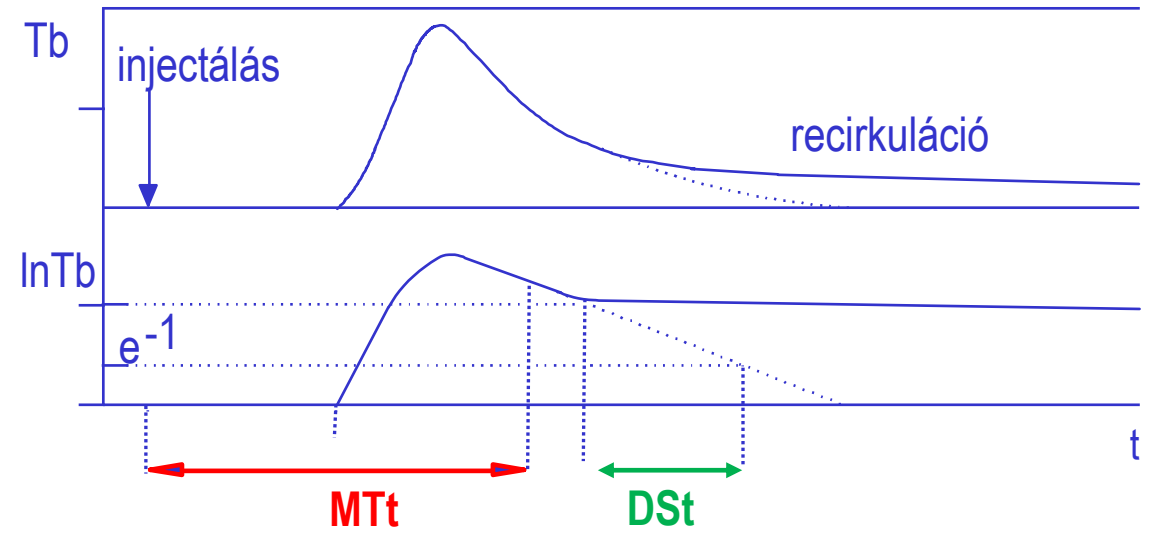
Az egyes térfogatelemek kalkulációja: a thermodilúciós görbe analízise

MTt: Mean Transit time (átlagos tranzitidő)

- Az az idő amíg a beadott indikátor fele az érzékelési helyre jut.

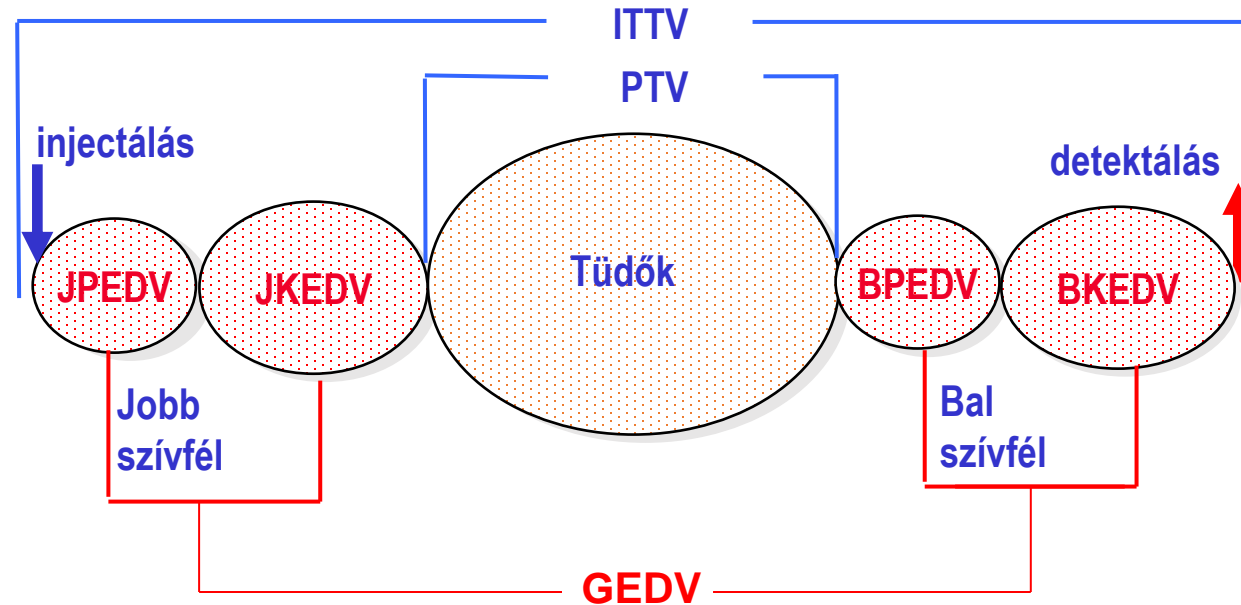
DSt: Down Slope time (lecsengési idő):

- A görbe exponenciális lecsengési ideje.



A volumetricus paraméterek meghatározása

Alapja: a thermoregulációs görbe analízise



$$\text{ITTV} = \text{JPEDV} + \text{JKEDV} + \text{tüdők} + \text{BPEDV} + \text{BKEDV} = \text{MTt} \times \text{CO}$$

$$\text{PTV} = \text{Pulmonalis thermalis volumen} = \text{DSt} \times \text{CO}$$

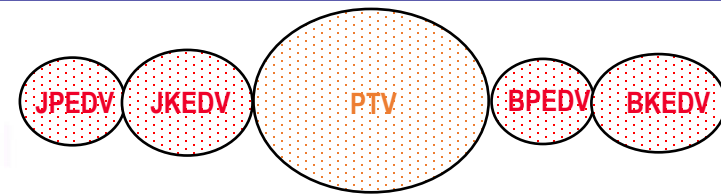
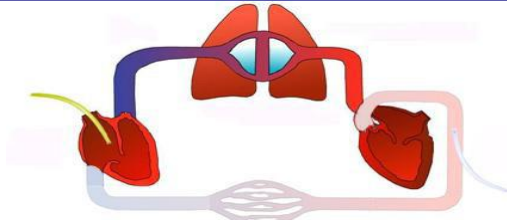
$$\text{GEDV} = \text{ITTV} - \text{PTV}$$

$$\text{ITBV} = 1,25 \times \text{GEDV}$$

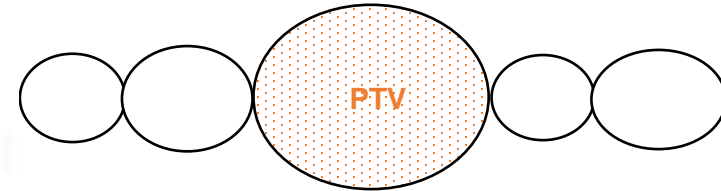
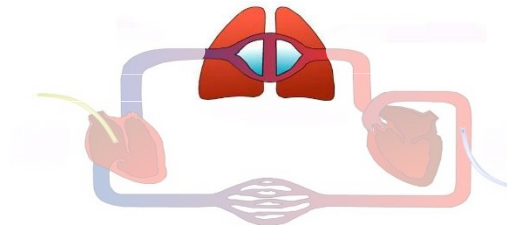
$$\text{EVLW} = \text{ITTV} - \text{ITBV}$$

A volumetricus paraméterek meghatározása

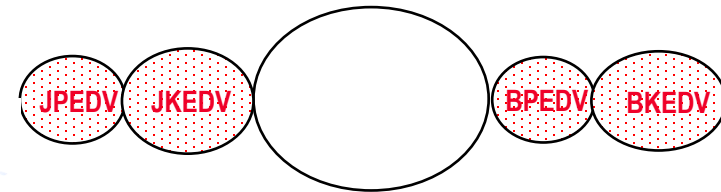
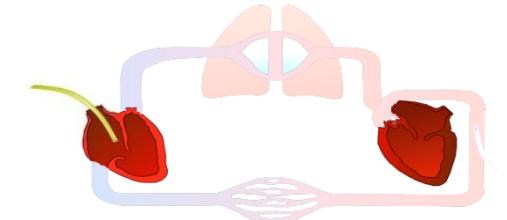
$$\text{ITTV} = \text{CO} \times \text{MTt}_{\text{TDa}}$$



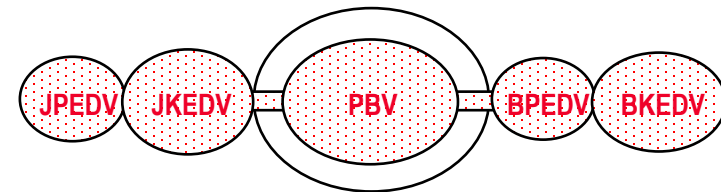
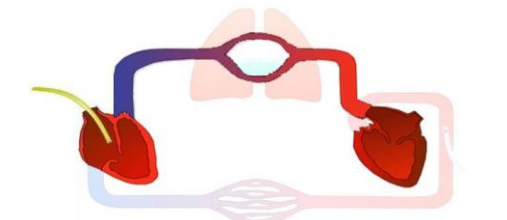
$$\text{PTV} = \text{CO} \times \text{DSt}_{\text{TDa}}$$



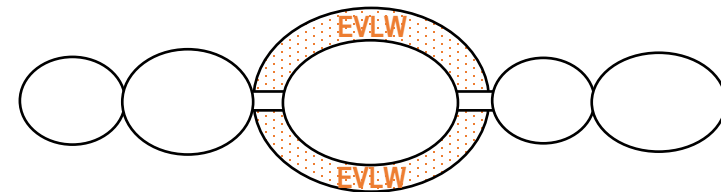
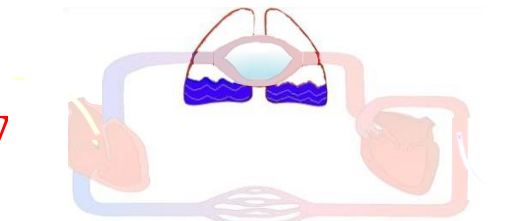
$$\text{GEDV} = \text{ITTV} - \text{PTV}$$



$$\text{ITBV} = 1.25 \times \text{GEDV}$$



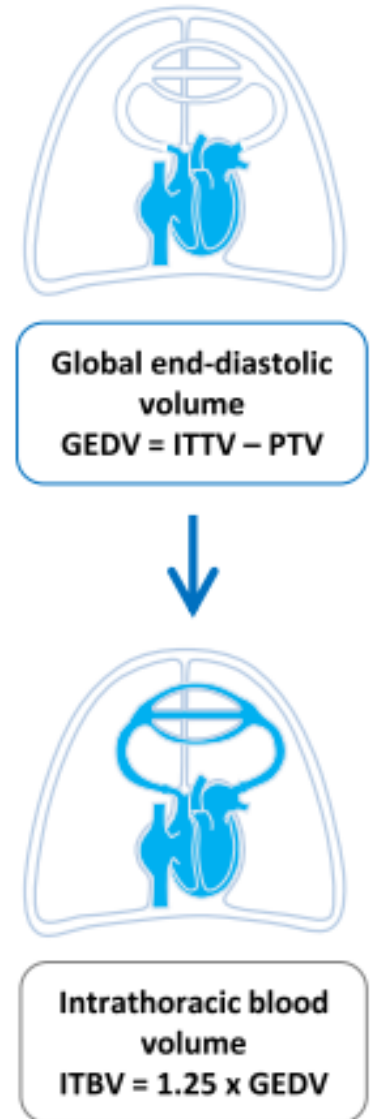
$$\text{EVLW} = \text{ITTV} - \text{ITBV}$$



GEDV(I) – ITBV(I)

- GEDV - Megfelel mind a négy szívkamra térfogatának a diasztole végén.
- ITBV - 1,25 x GEDV
- Jobban tükrözi preload-ot, mint az előterhelés nyomásmérésen alapuló technikája
- Statikus paraméter
- Nem mutatja a volumen válaszkészséget (FR) !!!

Monnet X, Teboul JL. *Crit Care*. 2017 Jun 19;21(1):147



EVLW(I)

- Szignifikáns negatív korreláció az EVLW és $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ között

Szakmany T, Heigl P, Molnar Z. *Anaesth Intensive Care*. 2004 Apr;32(2):196-201

- A legjobb tüdőspecifikus index az ARDS súlyosságának és kimenetelének megítélésére

Eisenberg PR et al. *Am Rev Respir Dis*. 1987;136:662–8

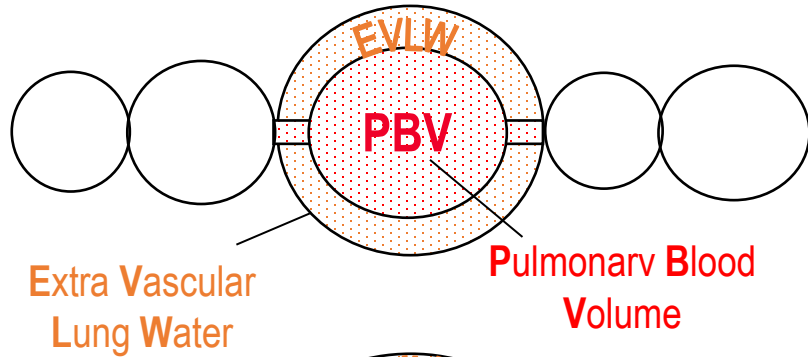
Craig TR et al. *Crit Care Med*. 2010;38:114–20

- A kritikus állapot mortalitásának jó jelzője
 - $\text{EVLW} > 15 \rightarrow \text{M: } 63\%$
 - $\text{EVLW} < 10 \rightarrow \text{M: } 33\%$

Sakka SGet al. *Chest*. 2002;122:2080–6.

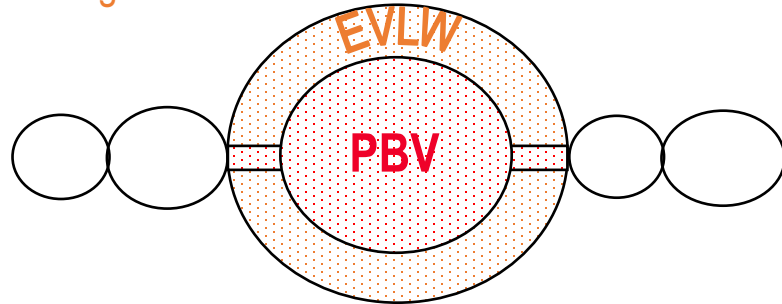
Pulmonalis vascularis permeabilitási index

$$PVPI = EVLW / PBV$$



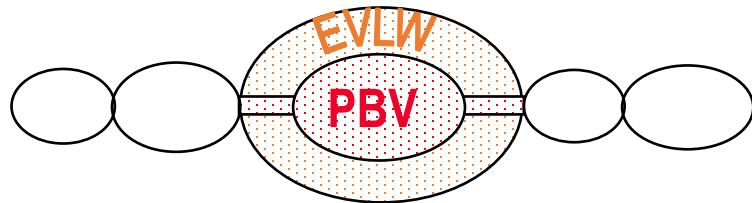
$$PVPI = \frac{\text{normal EVLW}}{\text{normal PBV}}$$

→ Normalis tüdő



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

→ Hydrostaticus tüdőoedema (pl. decomp. circ.)



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

→ Permeabilitási tüdőoedema (pl. ARDS)
PVPI > 3

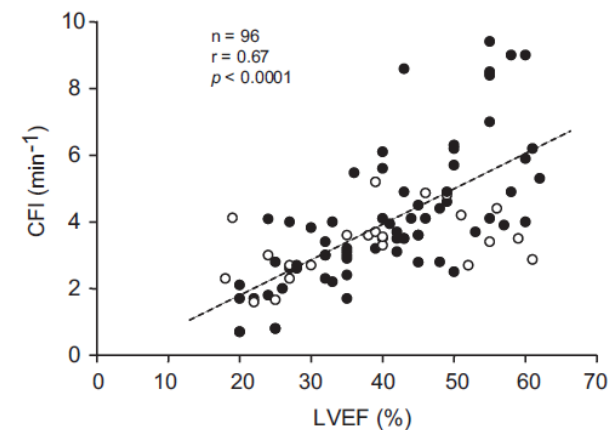
Cardiac function index (CFI)

Appendix Table 2. CFI values and coordinates of the ROC curve concerning the detection of a LVEF <45%

CFI		95% CI	Specificity	95% CI	+LR	-LR
<0.7	0.00	0.0–9.6	100.00	93.9–100.0		1.00
≤2.4	45.95	29.5–63.1	100.00	93.9–100.0		0.54
≤2.5	45.95	29.5–63.1	98.31	90.9–99.7	27.11	0.55
≤2.6	51.35	34.4–68.1	98.31	90.9–99.7	30.30	0.49
≤2.7	59.46	42.1–75.2	96.61	88.3–99.5	17.54	0.42
≤2.8	62.16	44.8–77.5	93.22	83.5–98.1	9.17	0.41
≤2.9	64.86	47.5–79.8	91.53	81.3–97.2	7.65	0.38
≤3	75.68	58.8–88.2	91.53	81.3–97.2	8.93	0.27
≤3.1	78.38	61.8–90.1	89.83	79.2–96.1	7.71	0.24
≤3.2 ^a	81.08	64.8–92.0	88.14	77.1–95.1	6.83	0.21
≤3.3	81.08	64.8–92.0	86.44	75.0–93.9	5.98	0.22
≤3.4	83.78	68.0–93.8	84.75	73.0–92.8	5.49	0.19
≤3.5	83.78	68.0–93.8	74.58	61.6–85.0	3.30	0.22
≤3.6	86.49	71.2–95.4	67.80	54.4–79.4	2.69	0.20
≤3.7	86.49	71.2–95.4	62.71	49.1–75.0	2.32	0.22
≤3.8	89.19	74.6–96.9	62.71	49.1–75.0	2.39	0.17
≤3.9	89.19	74.6–96.9	59.32	45.7–71.9	2.19	0.18
≤4	94.59	81.8–99.2	57.63	44.1–70.4	2.23	0.094
≤4.1	100.00	90.4–100.0	49.15	35.9–62.5	1.97	0.00
≤9.4	100.00	90.4–100.0	0.00	0.0–6.1	1.00	

CFI, cardiac function index; ROC, receiver operating characteristic; LVEF, left ventricular ejection fraction; CI, confidence interval; +LR, positive likelihood ratio; -LR, negative likelihood ratio.

^aBest out-off value.



Correlation between cardiac function index (CFI) and left ventricular ejection fraction (LVEF). Dashed line: linear regression line; open circles: patients with a right over left ventricular end-diastolic area >0.6.

$$CFI = CO \times 1000 / GEDV$$

- kontraktilitási paraméter

A 3,2 l/min alatti CFI 81%-os sensitivitással és 88%-os specificitással jelzi a 35% alatti BKEF-et.

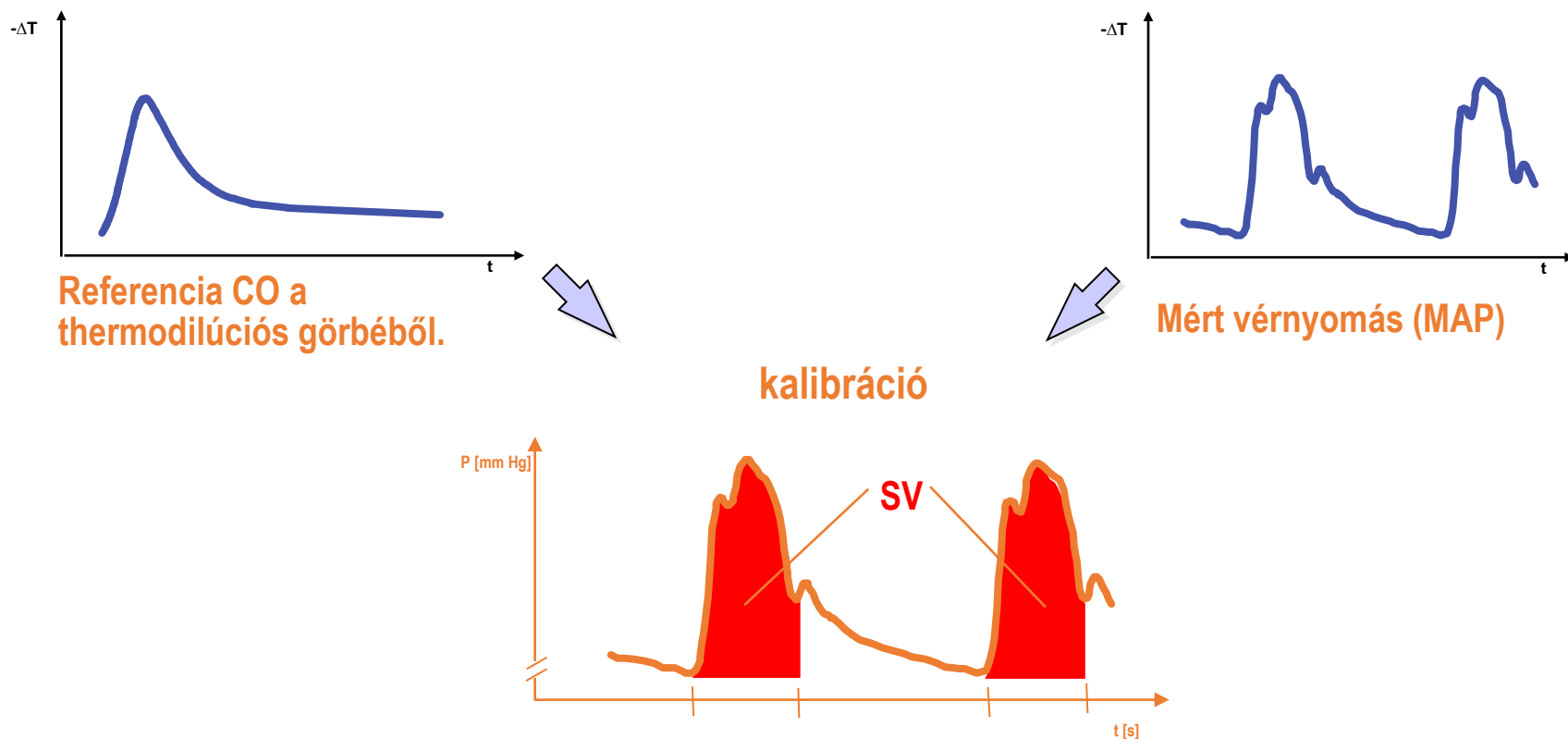
Szív teljesítmény index (CPI)

$$\text{CPI} = \text{MAP} \times \text{CI}$$

- A szív globális teljesítőkéességét jelző paraméter
- A szív működési zavarainak nem specifikus jelzője
- Kardiogén sokkos betegek mortalitásának jó prediktora
- CPI információt ad a szívteljesítményről, direkt összefüggést mutat a túléléssel

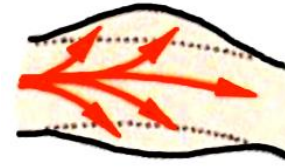
Pulzuskontúr analízis

- Folyamatos, ütésről ütésre történő mérés az arteriás nyomásgörbe alakja alapján.
- A thermodilúciós mérés alapján történő kalibráció után az egyes szívakciók SV-e mérhető = a görbe systolés fázisa alatti terület számértéke.

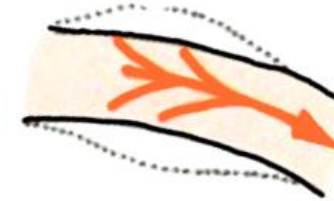


Continuous cardiac output (CCO)

Az arterias nyomásgörbe alakja függ az aktuális aorta compliance-től.



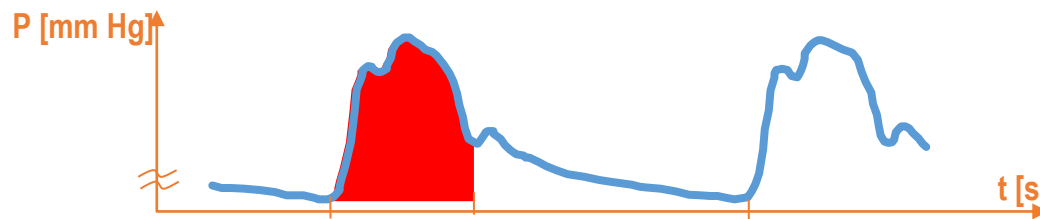
P(t), Systole



P(t), Diastole

CO leírható az artériás pulzusgörbe alatti terület (A), a szívfrekvencia (P) és az aorta rugalmassági együtthatójának (C) szorzataként: $CO = A \times P \times C$.

A kalibráció után a megfelelő algoritmussal mérhető a CO ütésről ütésre (CCO)



$$PCCO = cal \cdot HR \cdot \int_{Systole} \left(\frac{P(t)}{SVR} + C(p) \cdot \frac{dP}{dt} \right) dt$$

Betegspecifikus kalibrációs faktor
(meghatározása thermodilúcióval)

szív-
frekvencia

A nyomásgörbe
alatti terület

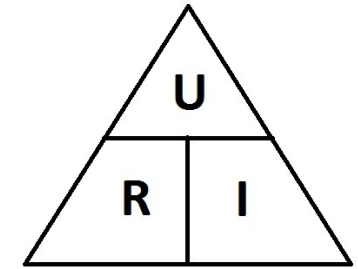
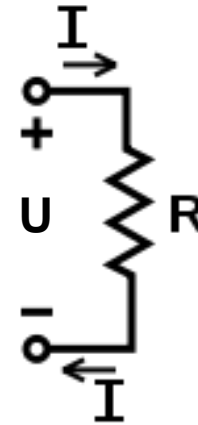
aorta
compliance

a nyomásgörbe
meredeksége

Systemas vascularis resistentia (SVR)

Meghatározás alapja Ohm-törvénye:

- $R = U / I$
- $U = \text{MAP} - \text{CVP}$
- $I = \text{CO}$
- **$\text{SVR} = (\text{MAP} - \text{CVP}) / \text{CO}$**

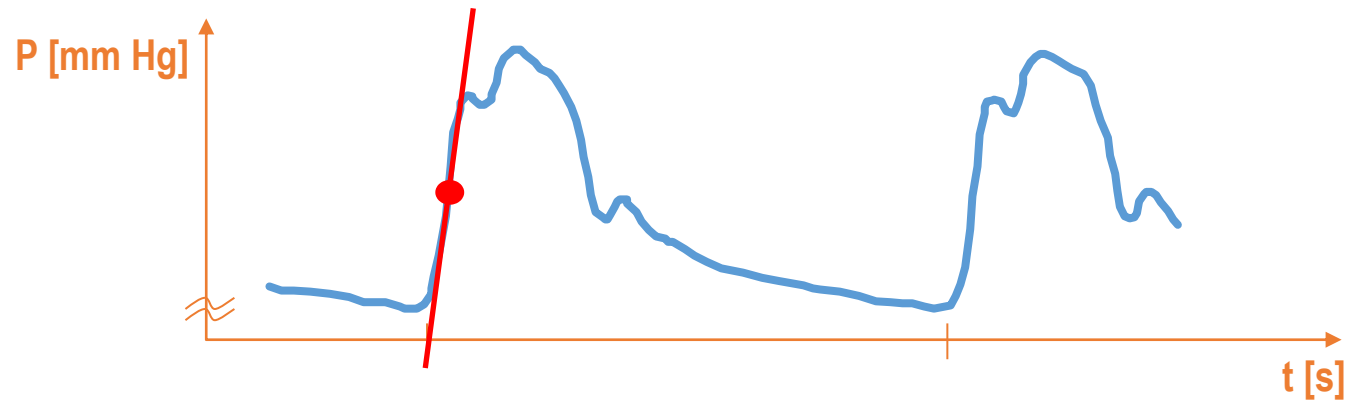


Mértékegységek illesztése miatt korrekciós szorzók:

- Ha BP Hgmm-ben, akkor:
$$\text{SVR} = [\text{MAP (Hgmm)} - \text{CVP (Hgmm)}] \times 79,92 / \text{CO (l/perc)}$$
- Ha BP kPa-ban, akkor:
$$\text{SVR} = [\text{MAP (kPa)} - \text{CVP (kPa)}] \times 59,9 / \text{CO (l/perc)}$$

Kontraktilitás

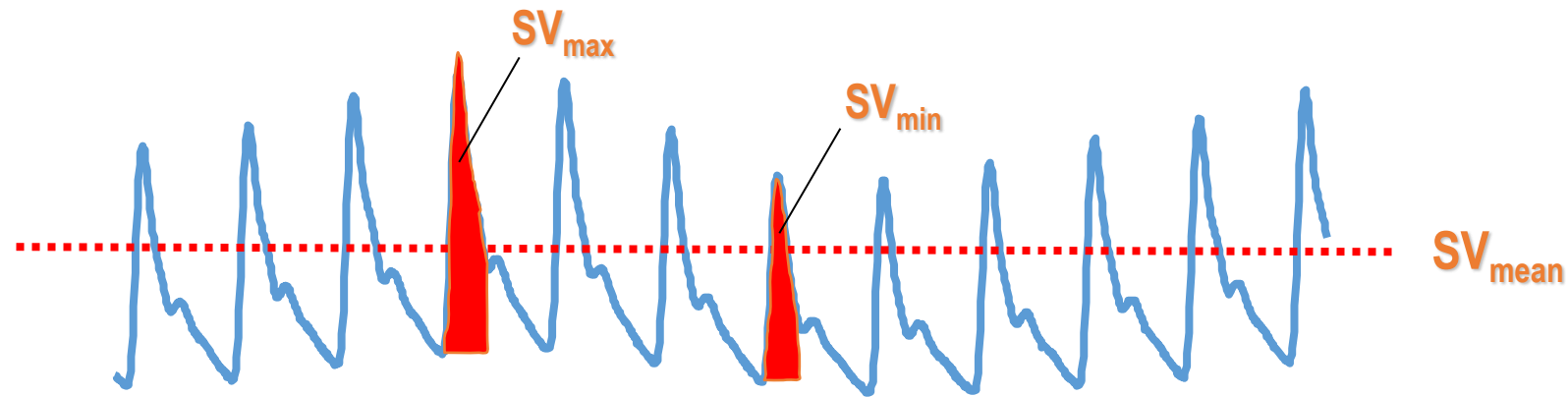
- $dP_{\max} = dP/dt_{\max}$ az egységnyi idő alatt bekövetkező maximális nyomásváltozás



- dP_{\max}
 - a nyomásgörbe meredeksége,
 - a bal kamrai kontrakció gyorsaságát jelzi
 - kontraktilitási paraméter

Stroke volumen variabilitás (SVV)

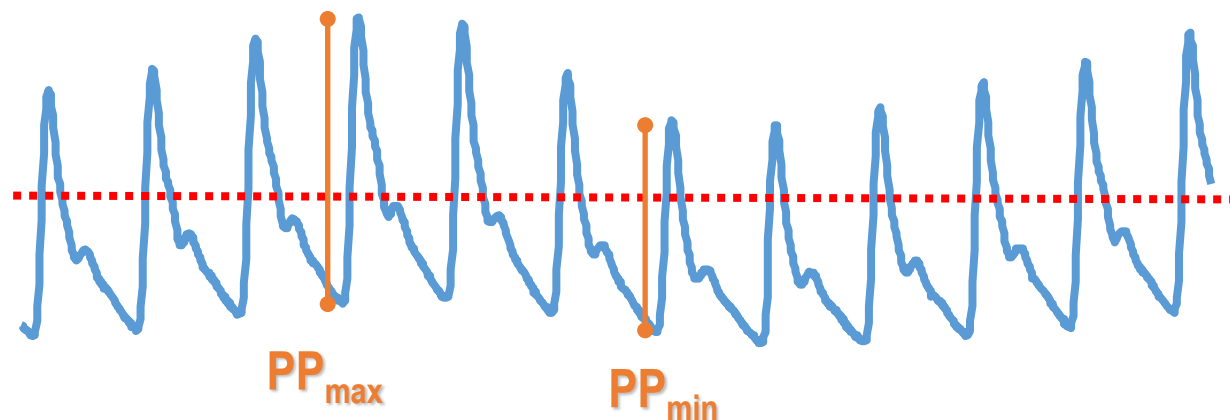
- Csak kontrollált lélegeztetés és szedáció mellett használható, ha szívritmuszavar nem áll fent.
- A stroke volumen változását értékeli a lélegeztetési ciklus alatt.
- Alapja: a SV a gépi belégzés végén a legnagyobb és 3 ütéssel később a legkisebb.



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

Pulzusnyomás variabilitás

- **Pulse pressure variation (PPV)**
- Csak kontrollált lélegeztetés és sedatio mellett használható, ha szívritmuszavar nem áll fent.
- A pulzusnyomás változását értékeli a lélegeztetési ciklus alatt.



PP_{mean}

$$PPV = \frac{PP_{max} - PP_{min}}{PP_{mean}}$$

A pulzusnyomás változása gépi lélegeztetés alatt jól használható a folyadék válaszkészség megítélésére.

- PPV > 13 % jó válaszkészség várható
- PPV < 13% nem várható pozitív hatás

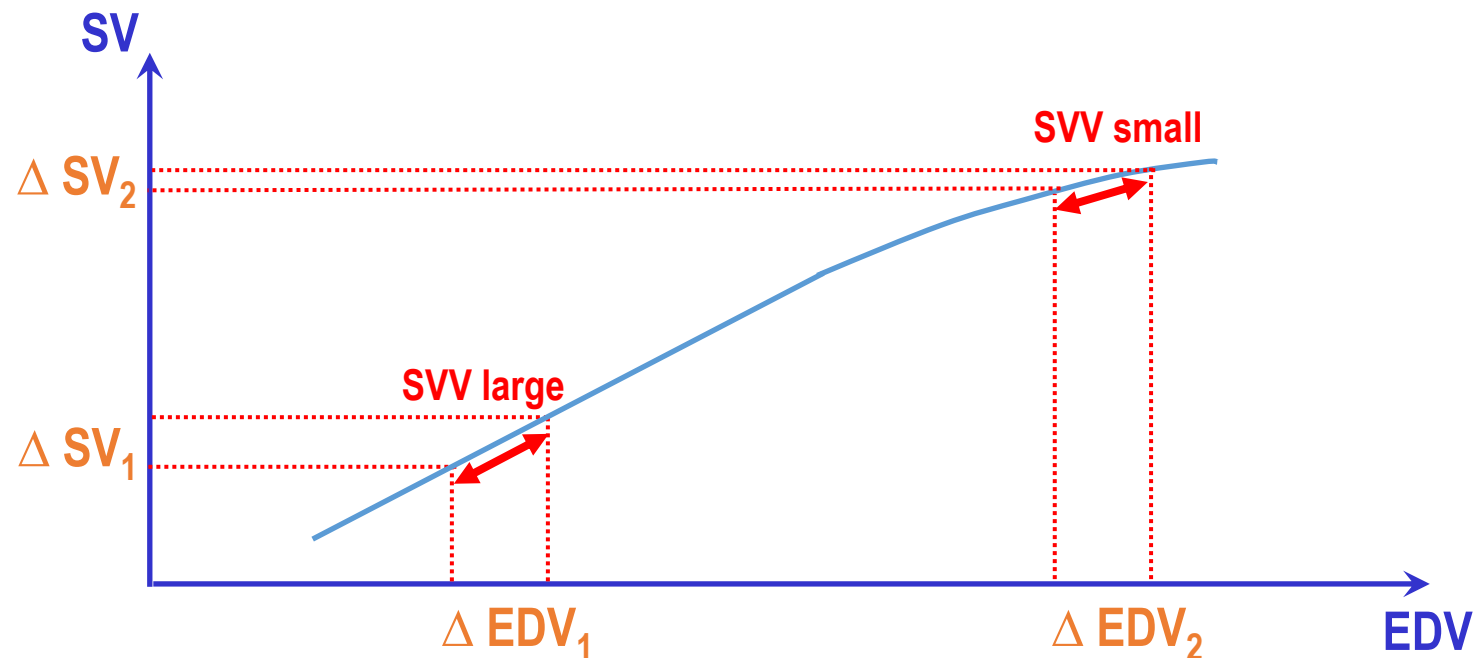
- A PPV-t csak akkor kell figyelembe venni, ha a perctérfogat alacsony!
- A magas PPV gyakran fiziológiás állapot

Silversides JA et al. *Intensive Care Med.* 2019;45(10):1440–2.

Michard F et al. *Crit Care.* 2000;4(5):282-9.

Stroke volumen variabilitás (SVV)

- A gépi lélegeztetés okozta EDV változás (preload) a beteg egyéni Frank-Starling görbéjének megfelelő SV variabilitást okoz.
- A volumen válaszkészséget mutató betegek (responder) a görbe egyenes szárán helyezkednek el, amely nagyobb SVV-hoz vezet.



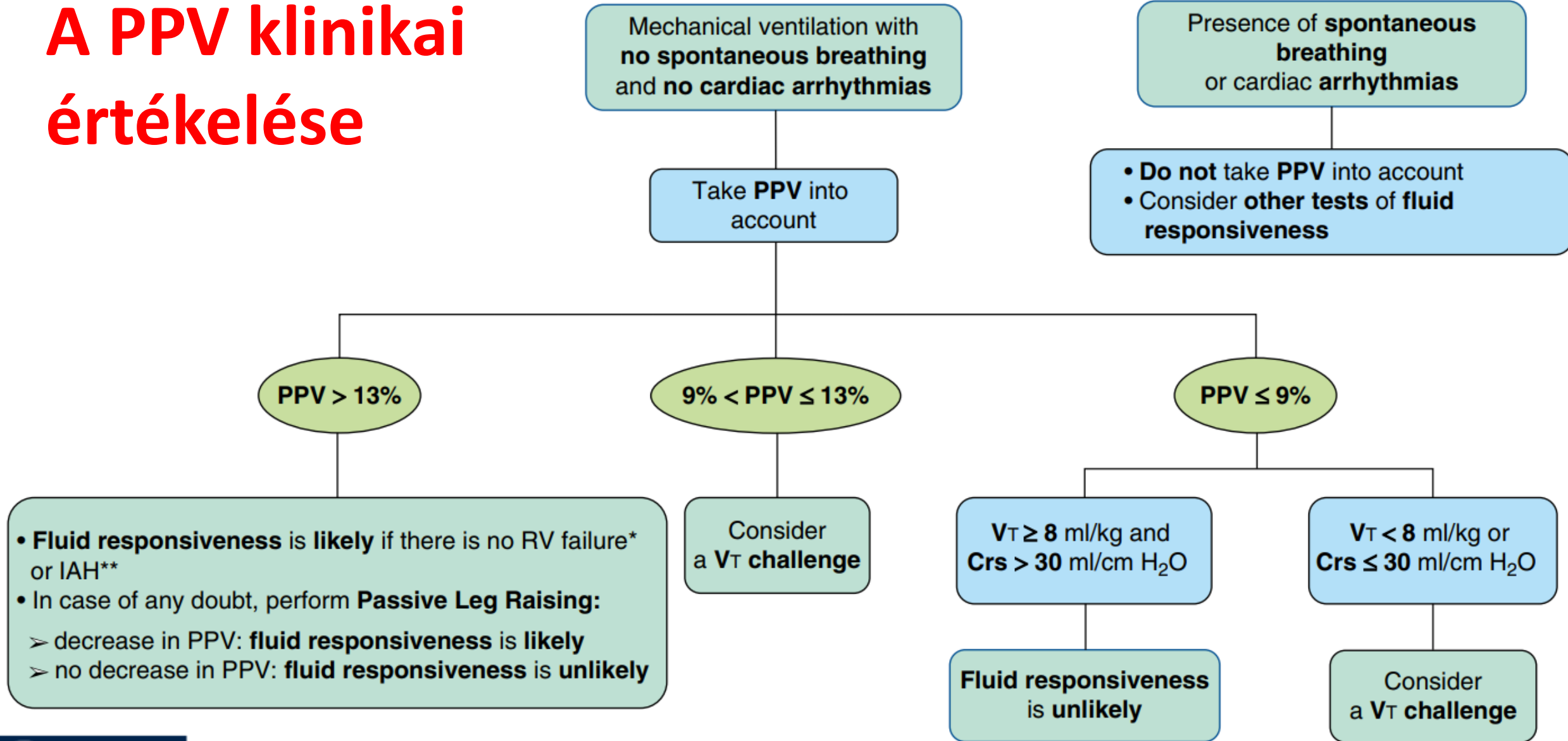
Az EDV növekedés egyenlő:

DE:

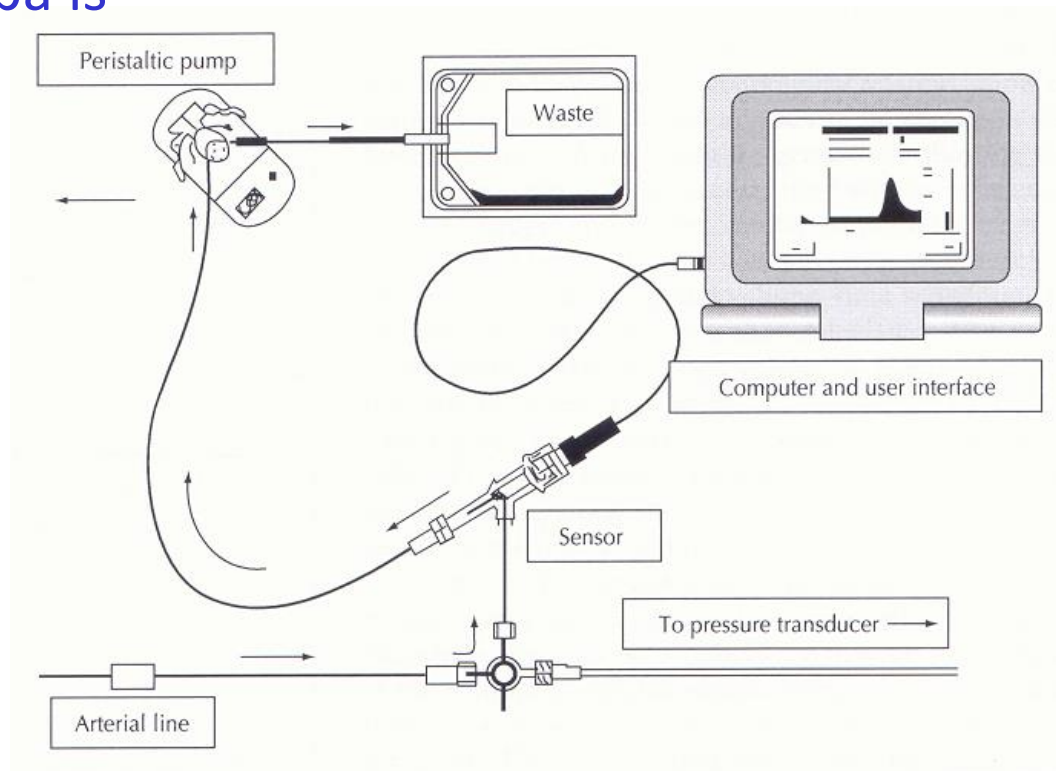
$$\Delta EDV_1 = \Delta EDV_2$$

$$\Delta SV_1 > \Delta SV_2$$

A PPV klinikai értékelése



- **Lítium dilúciós CO monitorozás**
- **indikátor**
 - alacsony dózisú lítium klorid
 - adható CV-ba és PV-ba is
- **érzékelés:**
 - spec. lítium sensor
 - art. kanül bármely helyzetben



LiDCO™

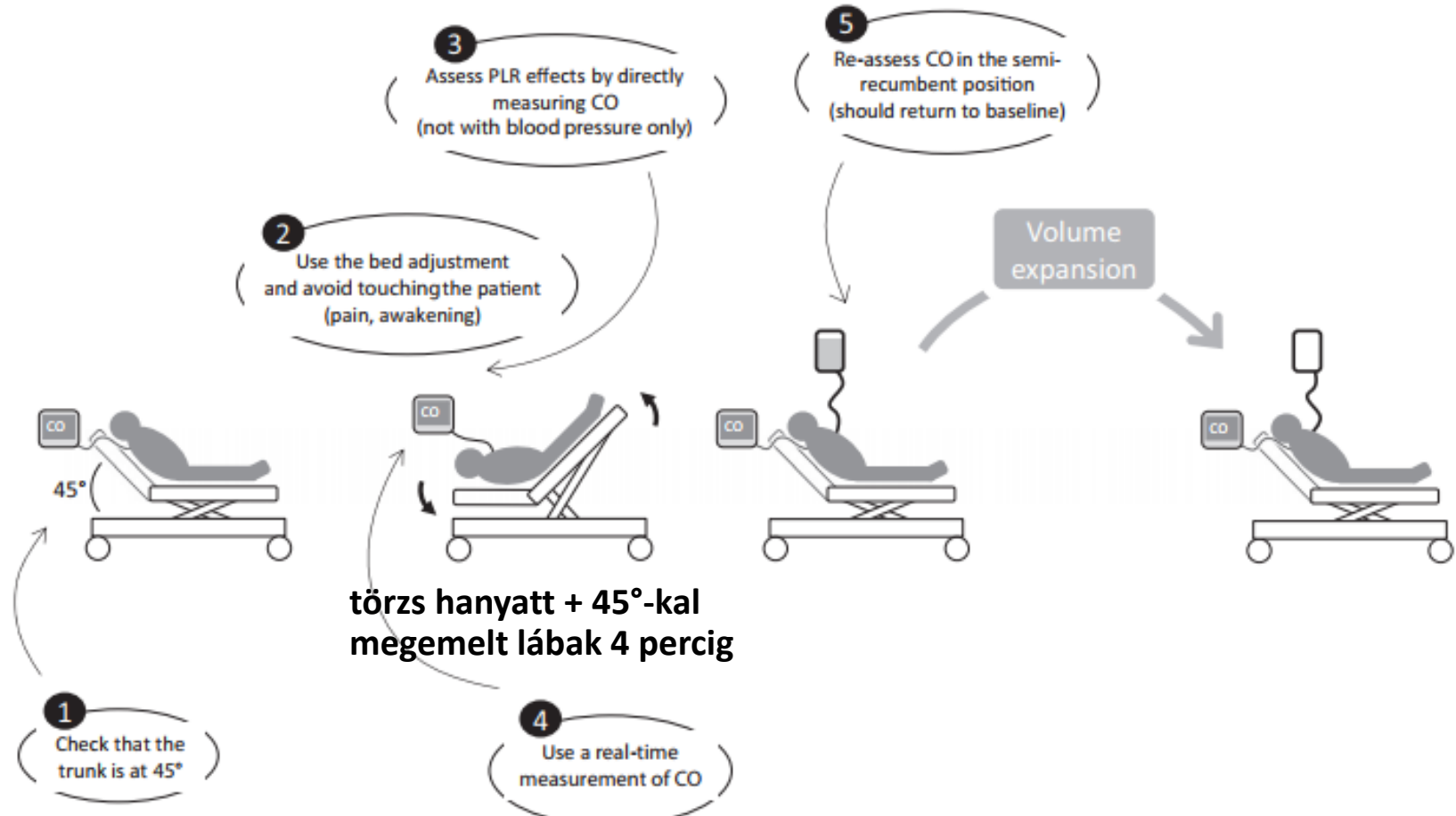
- Mérés elve:
 - lítium dilúciós görbe
- $CO = \text{lithium dózis [mmol]} \times 60 / (\text{görbe alatti terület} \times (1 - \text{hematokrit}))$
- PulseCO™: pulzus kontúr analízis
 - **CCO** monitorozás
 - **SVV**
 - **PPV**
 - **SVR**
- [Hgb], SaO₂, ScvO₂ megadásával:
 - **DO₂**
 - **VO₂**



Passive leg rising test (PLR)

5 szabály:

1. A PLR-nek félig-ülő helyzetben kell kezdődnie!
2. A hatást a CO közvetlen mérésével kell értékelni, nem pedig egyszerűen a vérnyomás egyszerű mérésével.
3. A rövid és tranziens CO változást is mutató monitort kell használni!
4. A CO-t a PLR után is meg kell mérni, amikor a beteget visszahelyezzük a félig-ülő helyzetbe!
5. A fájdalom, köhögés, diszkonfort adrenerg stimulációt válthat ki, ami a CO változásának téves értelmezését eredményezheti!



V. cava inf. átmérő variabilitás - Δ IVCd

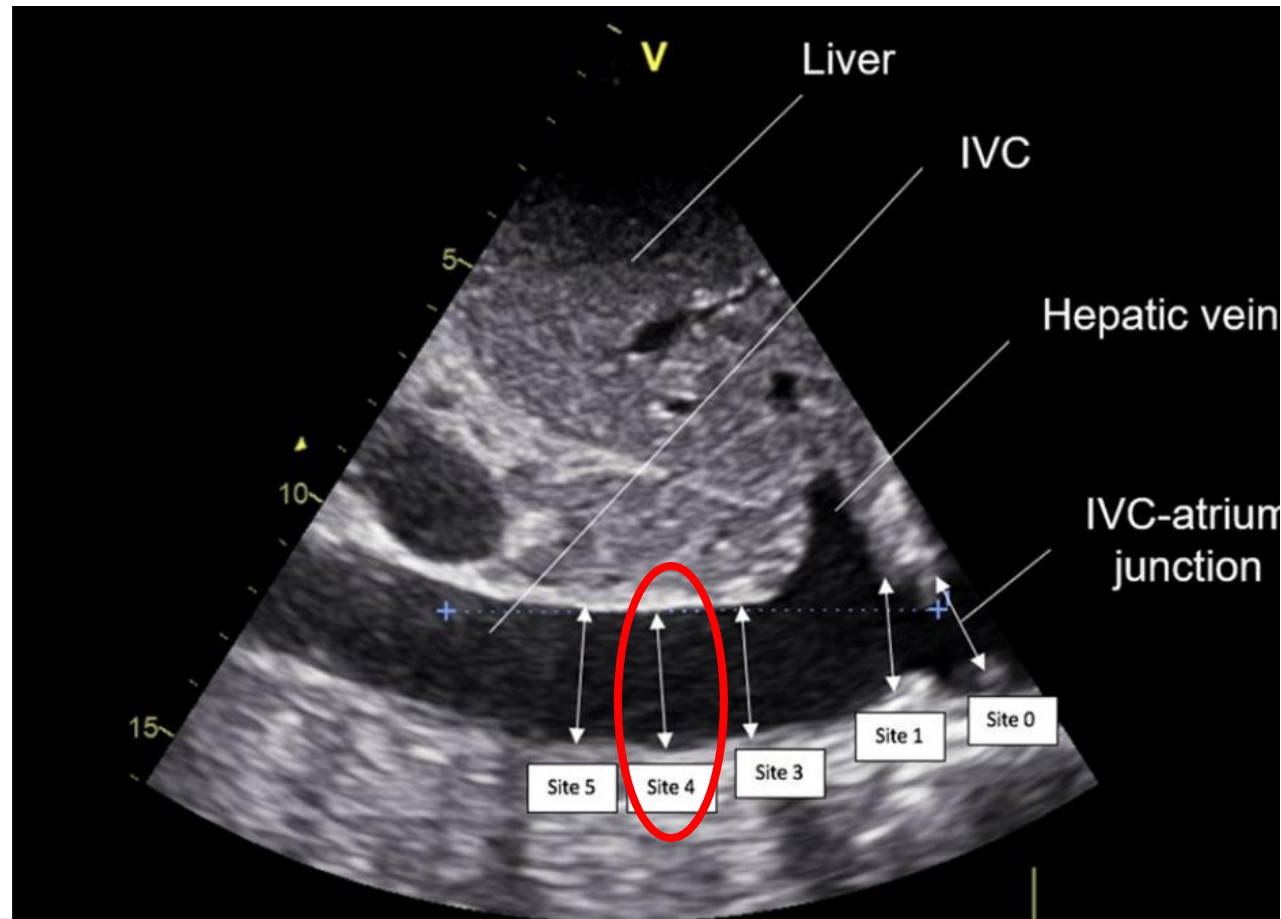
IVC kollapszibilitási index index (cIVC)

$$\frac{D_{\text{max kliégzési}} - D_{\text{min belégzési}}}{D_{\text{max kliégzési}}} \times 100$$

cIVC $\geq 33\%$ Szenz. 66% Spec. 92% **FR+**

Egyéb paraméterek:

- Disztenzibilitási index (DI):
 - $(D_{\text{IVCmax}} - D_{\text{IVCmin}}) / D_{\text{IVCmin}} \times 100$
- Variabilitási index (VI):
 - $(D_{\text{IVCmax}} - D_{\text{IVCmin}}) / D_{\text{IVCmean}} \times 100$



Caplan M et al. *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):168.

Tidal Volume Challenge (VtC)

- FR vizsgálata alacsony Vt lélegeztetés alatt
- Intervenció: Vt 6 ml/ttkg → 8 ml/ttkg (1 percig)
- Detektálás: Δ PPV és / vagy Δ SVV
- Értékelés:
 - Δ PPV \geq 3,5%
 - Δ SVV \geq 2,5%
 - Szenz.: kb. 90%
 - Spec: kb. 87%
- PP ventiláció alatt is alkalmazható

BIA – Bioelektromos impedancia

18 BIA device (Maltron, UK)

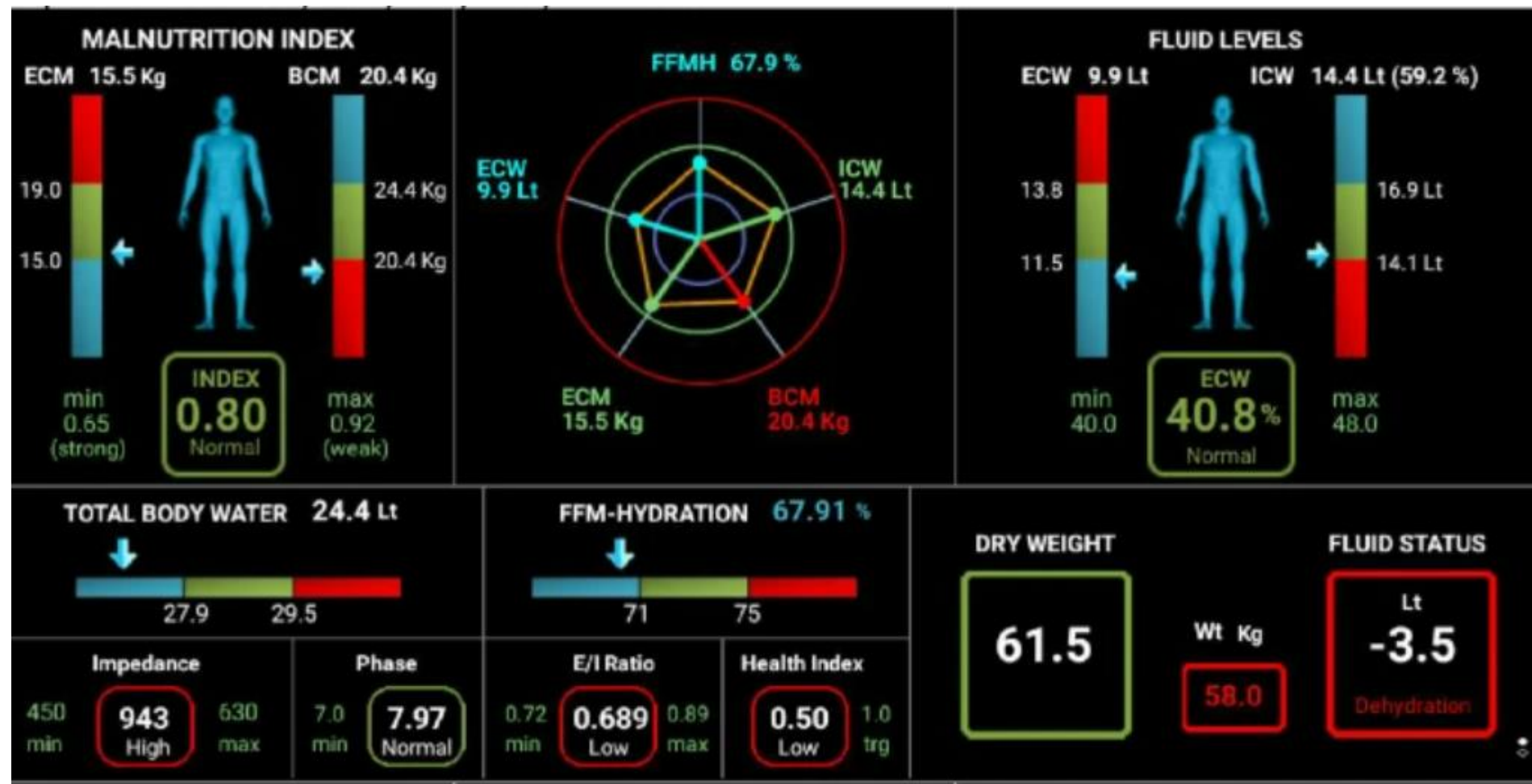


Mérhető:

total body water (TBW),
extracellular water (ECW), and intracellular water (ICW).

Számolható:

absolute fluid overload (AFO),
relative fluid overload (RFO), AFO/ECW,





PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
UNIVERSITY OF PÉCS

Köszönöm a figyelmet.



FAQ

Megbízható-e a mérés aortastenosisban?

A thermodilúciós technika megbízható. Az arterias nyomásgörbe alacsonyabb systolés, magasabb diastoles értéket mutathat, de a görbe alatti terület jól mutatja a SV-t.

FAQ

Megbízható-e a mérés billentyű-inszufficiencia esetén?

- Súlyos aorta billentyűelégtelenség esetén a görbe időn túl futhat (time out), de ha a thermodilúciós görbe felvehető, akkor a CO értékelhető, mert a szisztémás véráramlást mérjük.
- A thermodilúciós görbe érintett lesz súlyos billentyűelégtelenség esetén az indikátor regurgitáció miatt. Ez elnyújtott indikátoridőhöz vezet, ami a GEDV és ITBV túlbecslését eredményezi.

FAQ

Pleuralis folyadék jelenléte érinti-e az EVLW meghatározását?

So-so:

- A pleuralis folyadék kapilláris felszínnel érintkező része elhanyagolható a tüdő parenchymával érintkező kapilláris felszín mellett, így a hőleadás a pleuralis folyadék felé elhanyagolható.
- A hő az extravasalis tér csak azon részében tud eloszlani, ahol direkt kapcsolata van az indikátorral. Így csak az interstitialis, intraalveolaris és intracellularis folyadéktereket mérjük, mint EVLW-t.

Nagy mennyiségű pleurális folyadék azonban befolyásolja, túlbecsülhetjük az EVLW-t

Bigatello LM et al. *Minerva Anesthesiol.* 2010;76(11):945–9.

FAQ

Pulmonectomia után hogyan értékelhetőek a volumetrikus paraméterek (EVLW, ITBV)?

- Logikusan

- **ITTV** : csökken, de a mérés helyes
- **PBV** : csökken, de a mérés helyes
- **GEDV** = ITTV – PBV, helyesen kalkulált
- **ITBV** = GEDV x 1.25, Az 1.25-ös alapvetően 2 tüdőre igaz, így pulmonectomia után ez a szorzó alacsonyabb, így a mért ITBV túlbecsült
- **EVLW** = ITTV – ITBV: alulbecsült. Az alábecslés mértéke az eltávolított tüdőszövet méretétől függ.

FAQ

Pulmonectomy után hogyan értékelhetőek a volumetrikus paraméterek (EVLW, ITBV)?

- állat és humán kísérletes modellek nem konzisztens eredményt mutatnak
- túl- és alábecslés is megfigyelhető volt, még egy tanulmányon belül is

Roch A et al. *Chest*. 2005 Aug; 128(2):927-33.

Naidu BV et al. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009 May; 8(5):503-6.

DE

- az EVLW trend továbbra is jól használható a folyadéktherápia vezetésére.

Naidu BV et al. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009 May; 8(5):503-6.

FAQ

Alkalmazható-e a TPTD ECMO esetén?

- A technika **nem** alkalmazható extrakorporális membrán oxigenáció (ECMO) esetén.

Monnet X, Teboul JL. *Crit Care*. 2017 Jun 19;21(1):147

FAQ

Alkalmazható-e a technika CRRT mellett?

Igen

- A CVVHF nem befolyásolja a CO TPTD-vel történő mérésének megbízhatóságát.

Sakka SG et al. *Anesth Analg.* 2007;105(4):1079–82.

Dufour N et al. *Intensive Care Med.* 2012;38(7):1162–8.

Heise D et al. *Minerva Anesthesiol.* 2012;78(3):315–21.

Monnet X, Teboul JL. *Crit Care.* 2017 Jun 19;21(1):147

Mérhető paraméterek

➤ Thermodilúciós paraméterek

- Cardiac output
- Global end-diastolés volumen
- Intrathoracalis vér volumen
- Extravasculáris tüdővíz
- Pulmonaris vascularis permeabilitási index
- Cardiac function index
- Globális ejekciós frakció

CO – CI	3,0 – 5,0 l/min/m ²
GEDV – GEDVI	680 – 800 ml/m ²
ITBV – ITBVI	850 – 1000 ml/m ²
EVLW – EVLWI	3,0 – 7,0 ml/kg
PVPI	1,0 – 3,0
CFI	4,5 – 6,5 /min
GEF	25 – 35%

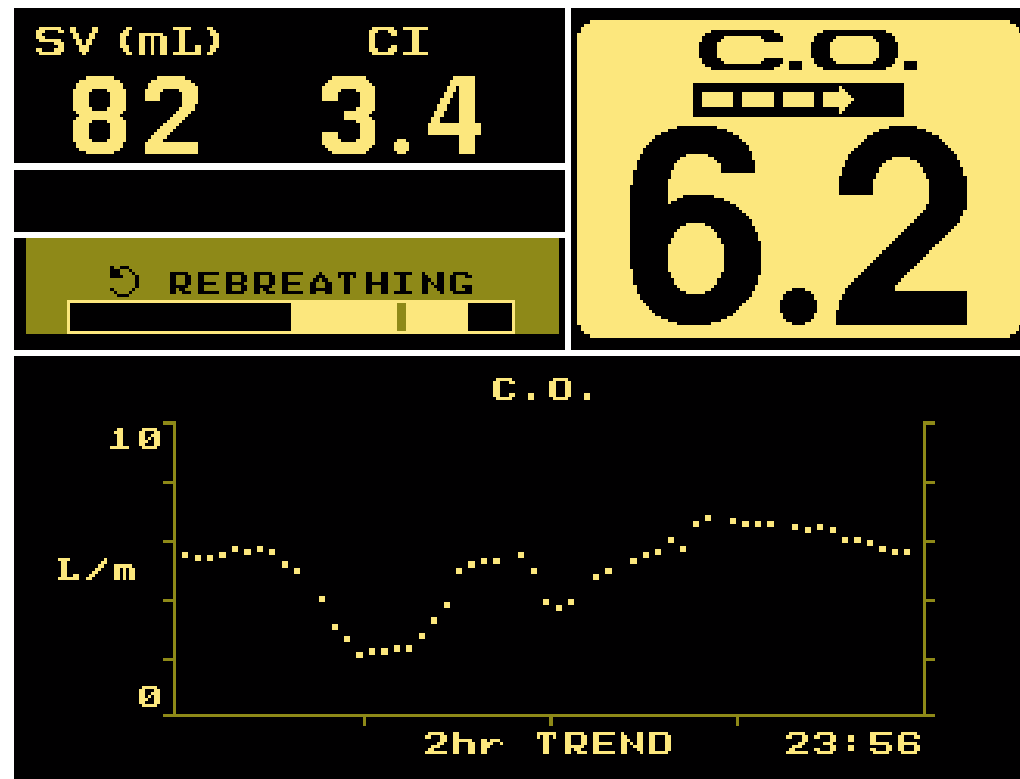
➤ Pulzuskontúr analízis

- Pulzuskontúr Cardiac Output
- Arteriás Vérnyomás
- Szívfrekvencia
- Verőtérfogat
- Stroke volumen variabilitás
- Pulzusnyomás variabilitás
- Systémás vascularis resistentia
- Bal kamrai kontraktilitási index

PCCO – PCCI	3,0 – 5,0 l/min/m ²
MAP	70 – 90 Hgmm
HR	60 – 90 /min
SV – SVI	40 – 60 ml/m ²
SVV	< 10 - 13 %
PPV	< 10 - 13 %
SVR – SVRI	1200 – 2000 dyn·s·cm ⁻⁵ ·m
dPmax(dp/dt _{max})	1200 – 1600 Hgmm / sec

NICO (Non-invasive cardiac output monitoring)

- A perctérfogat kiszámolása a kilégzett levegő CO₂-koncentrációja alapján (Fick-elv)



OPS és SDF device

