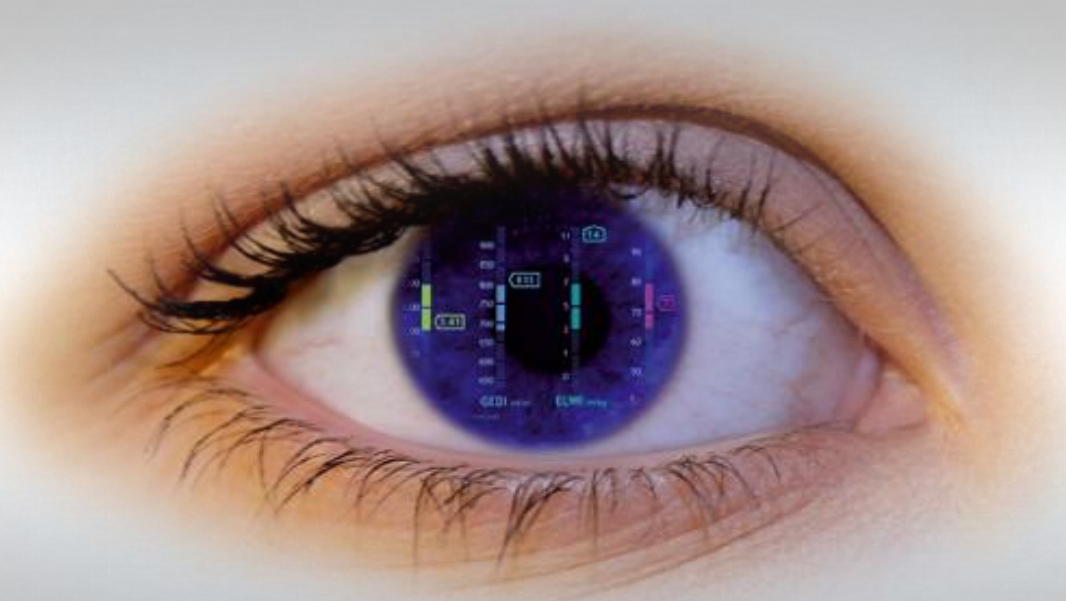


Technologia PiCCO



**Pulse contour analysis PiCCO – Joanna Grabowska
Pulsion Poland**

Rys historyczny

- Producent sprzętu medycznego od 1990 roku z siedzibą w Monachium, Niemcy
- Lider na rynku mało inwazyjnego monitorowania hemodynamicznego, posiada 20 lat doświadczenia w termodylucji przez płucnej i analizie konturu fali tętna, przeprowadzone ponad 800 badań klinicznych,
- Technologia PiCCO obecna w monitorach wieloparametrowych wiodących światowych producentów



PHILIPS

Drägermedical
A Dräger and Siemens Company

mindray
healthcare within reach



COLD System 1990



PiCCO 1997



PiCCO plus 2002



Philips PiCCO
Module 2003

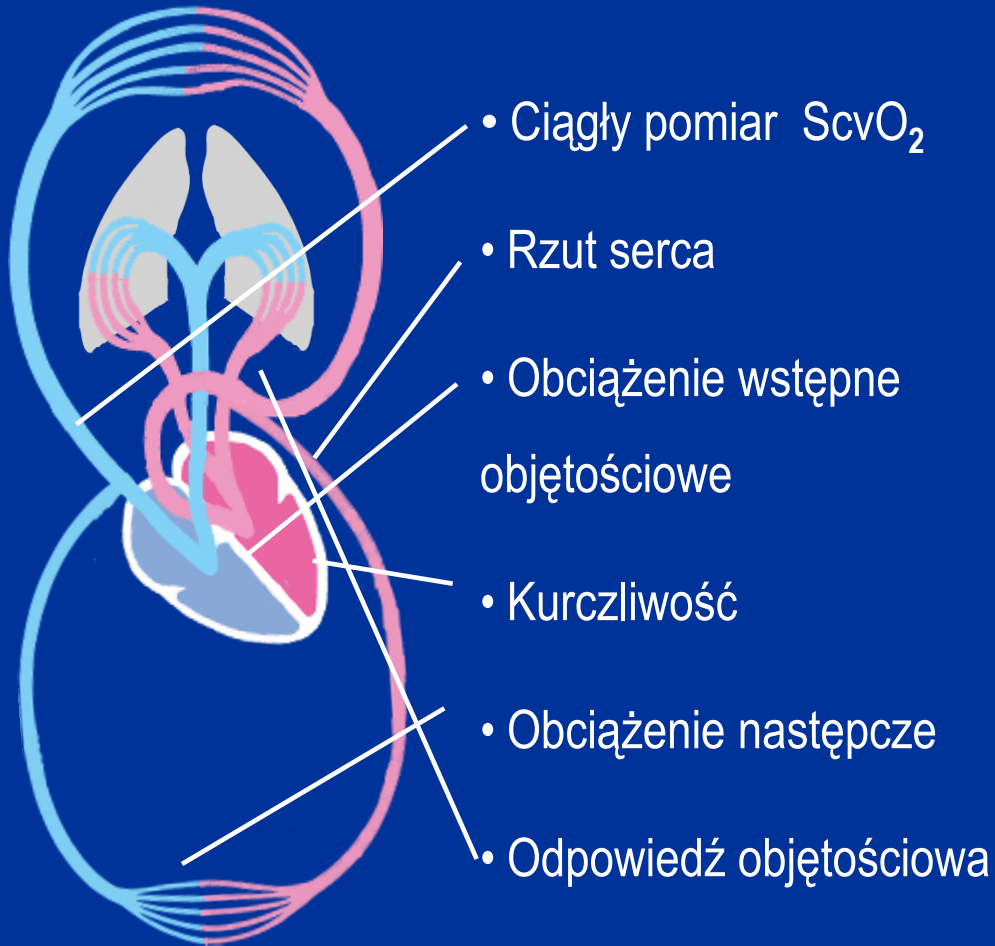


Draeger Smart
Pod 2005

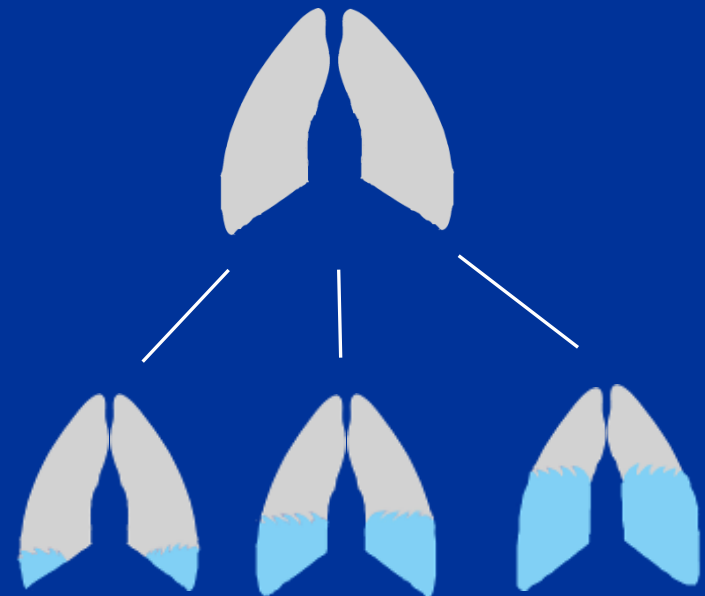
Technologia PiCCO – Pulse Contour Cardiac Output

- **Określenie i monitorowanie zmiennych parametrów hemodynamicznych układu krążeniowo – oddechowego:**
 - 1) **analiza konturu fali tętna** do ciągłego oznaczania rzutu serca, reakcji hemodynamicznych i innych pomiarów pochodnych (PCCO, Apsys, Apdia, MAP, HR, SV, SVV, PPV, SVR, dPmax)
 - 2) **kalibracja metodą termodylucji przez płucnej** do wyznaczania rzut serca oraz objętość płynu śródnaczyniowego i pozanaczyniowego (CO, CFI, ITBV, GEDV, EVLW, PVPI, GEF)
 - 3) **pomiar saturacji krwi żyłnej** za pomocą czujnika światłowodowego refleksyjnego w celu określenia nasycenia hemoglobiny tlenem (ScvO₂, DO₂, VO₂)

PiCCO₂ – Zobacz więcej niż inni



- Obrzęk płuc – mierzony przy łóżku



Po przeprowadzeniu analizy krzywej ciśnienia urządzenie wyznacza :

- Rzut minutowy z analizy konturu fali tętna **PCCO**,
- Ciśnienie tętnicze krwi skurczowe **Apsys**,
- Ciśnienie tętnicze krwi rozkurczowe **Apdia**,
- Ciśnienie tętnicze krwi średnie **MAP**,
- Częstość skurczów serca **HR**,
- Objętość wyrzutowa **SV**,
- Samoistne wahania objętości wyrzutowej **SVV**,
- Samoistne wahania ciśnienia tętna **PPV**,
- Obwodowy opór naczyniowy **SVR**,
- Wskaźnik kurczliwości lewej komory **dPmax**,

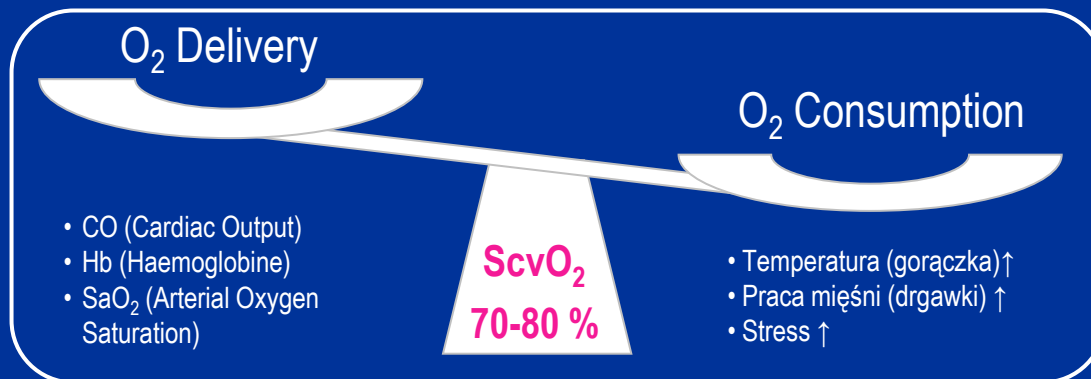
Parametry mierzone z termodylucji przezpłucnej

- Rzut minutowy z termodylucji przezpłucnej **CO (CI)**
- Wskaźnik funkcji serca **CFI**
- Wewnątrzklatkowa objętość krwi **ITBV, (ITBI)**
- Całkowita objętość końcowo-rozkurczowa **GEFV, (GEFI)**
- Objętość pozanaczyniowej wody płucnej **EVLW, (ELWI)**
- Wskaźnik przepuszczalności naczyń płucnych **PVPI,**
- Całkowita frakcja wyrzutowa **GEF,**

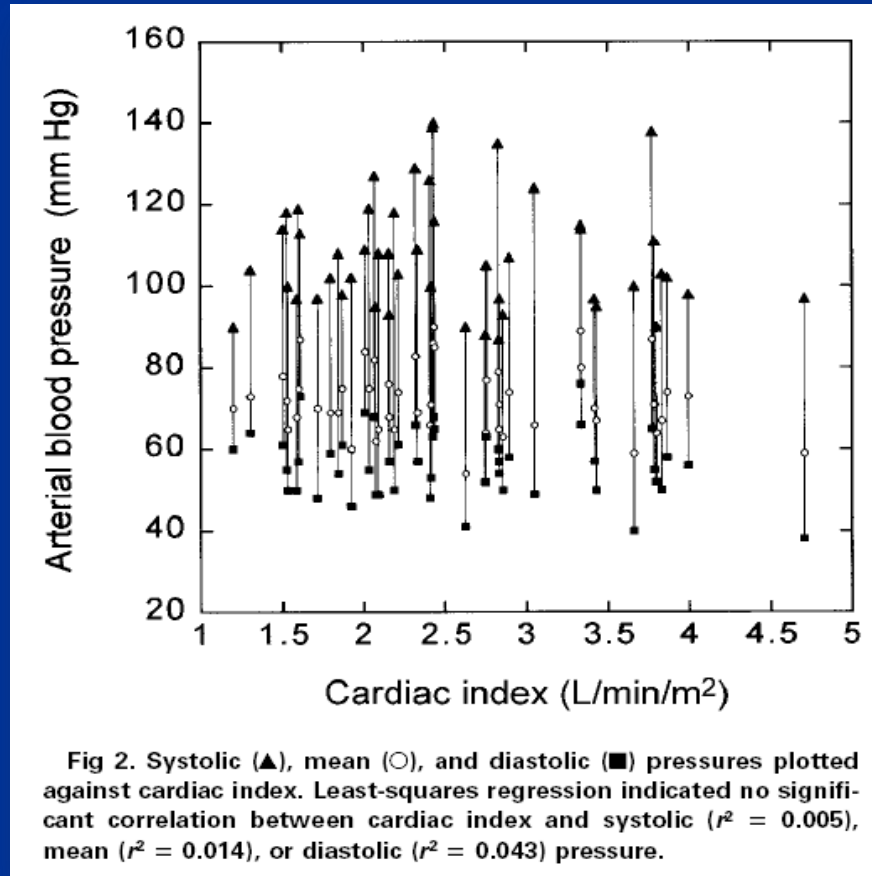
Oksymetria żylna

Po wstępnej kalibracji urządzenie mierzy w sposób ciągły:

- Saturację krwi żyłnej w żyłę główną górną **Scvo₂**
- Dostarczanie tlenu **DO₂**
- Konsumpcję tlenu **VO₂**



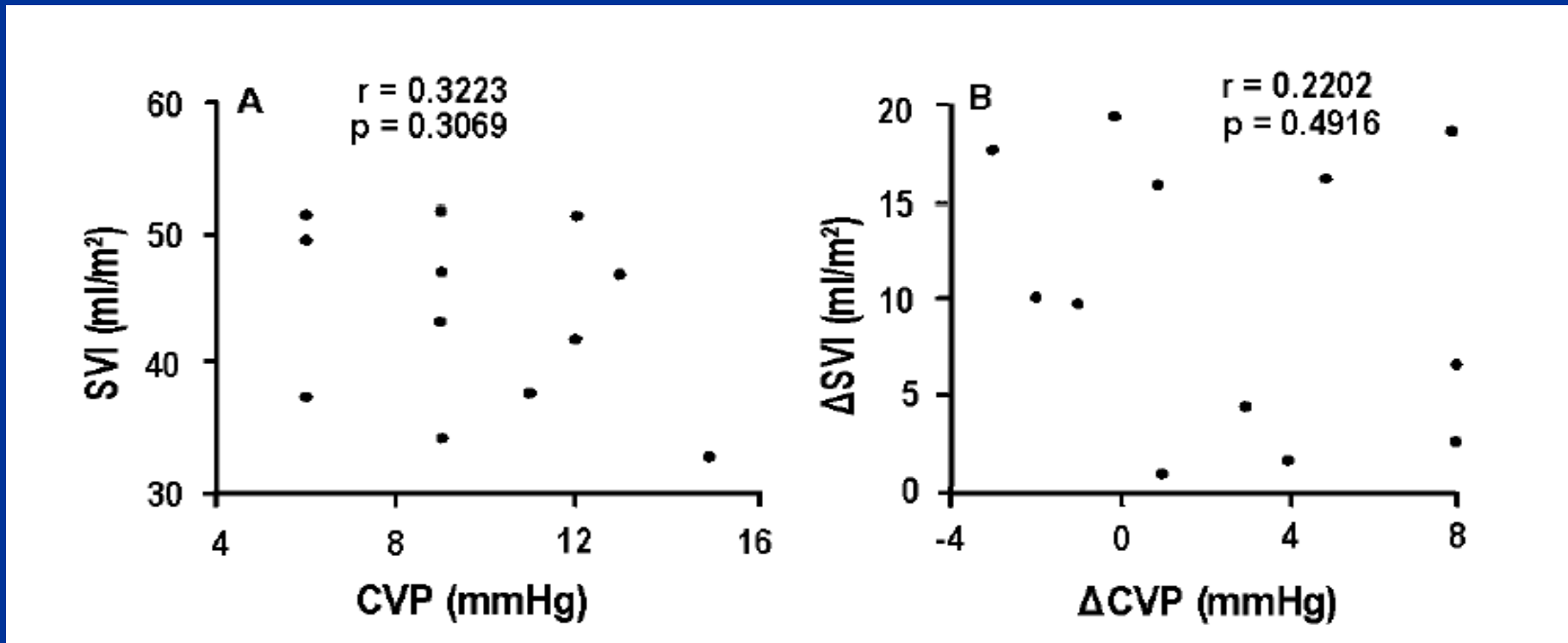
Ciśnienie tętnicze ≠ przepływ krwi



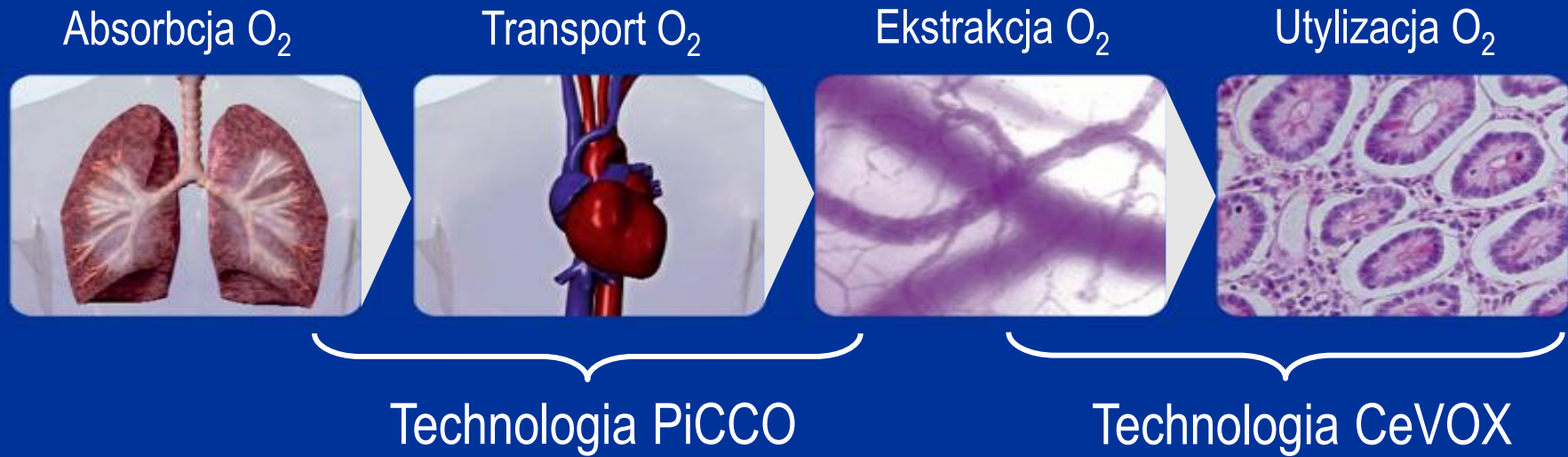
Linton, R.A., N.W. Linton, and F. Kelly, *Is clinical assessment of the circulation reliable in postoperative cardiac surgical patients?* J Cardiothorac Vasc Anesth, 2002. 16(1): p. 4-7.

Rola OCŻ w kształtowaniu płynoterapii

Korelacja pomiędzy OCŻ a SV



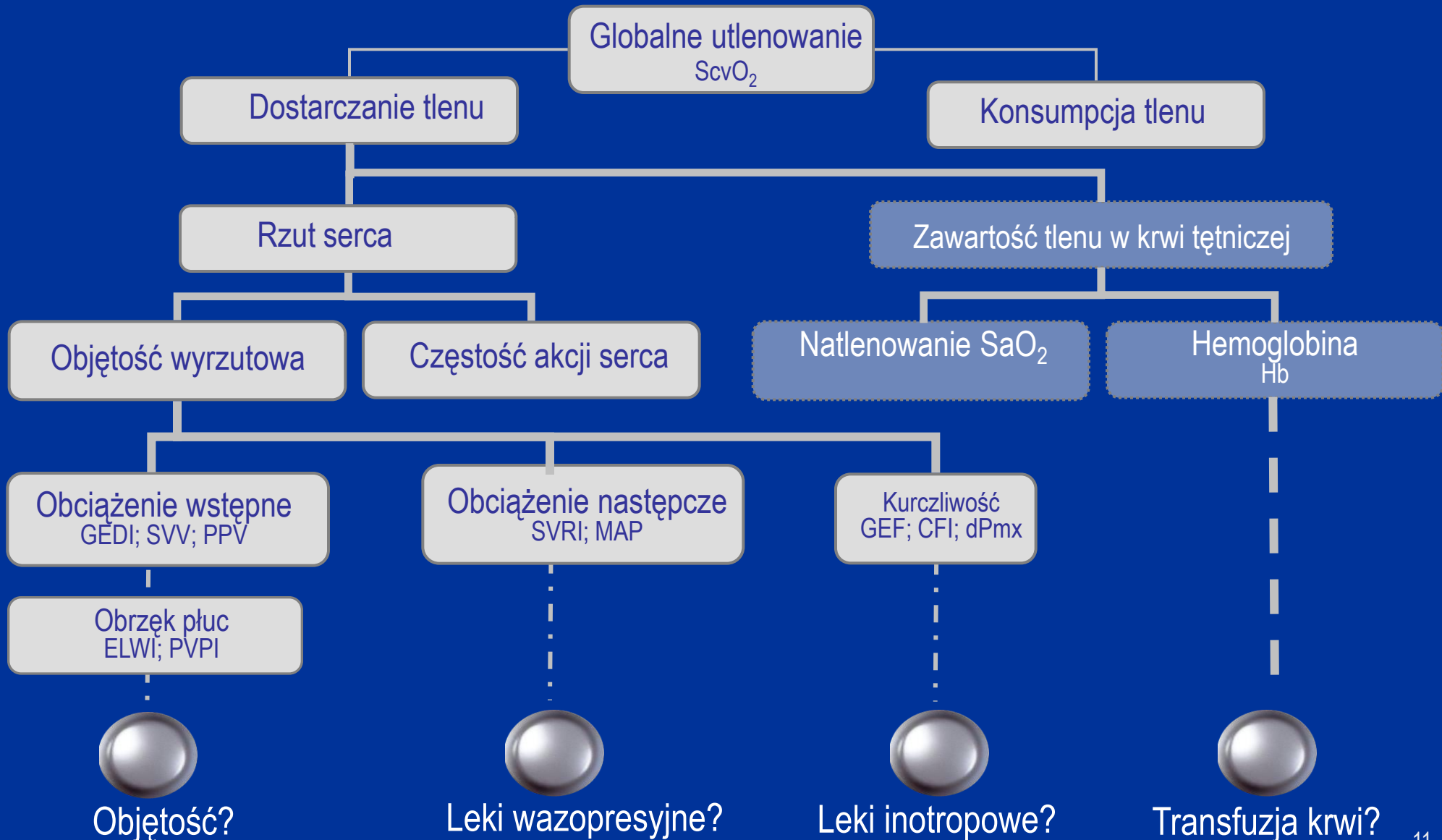
Optymalizacja oxygenacji tkanek



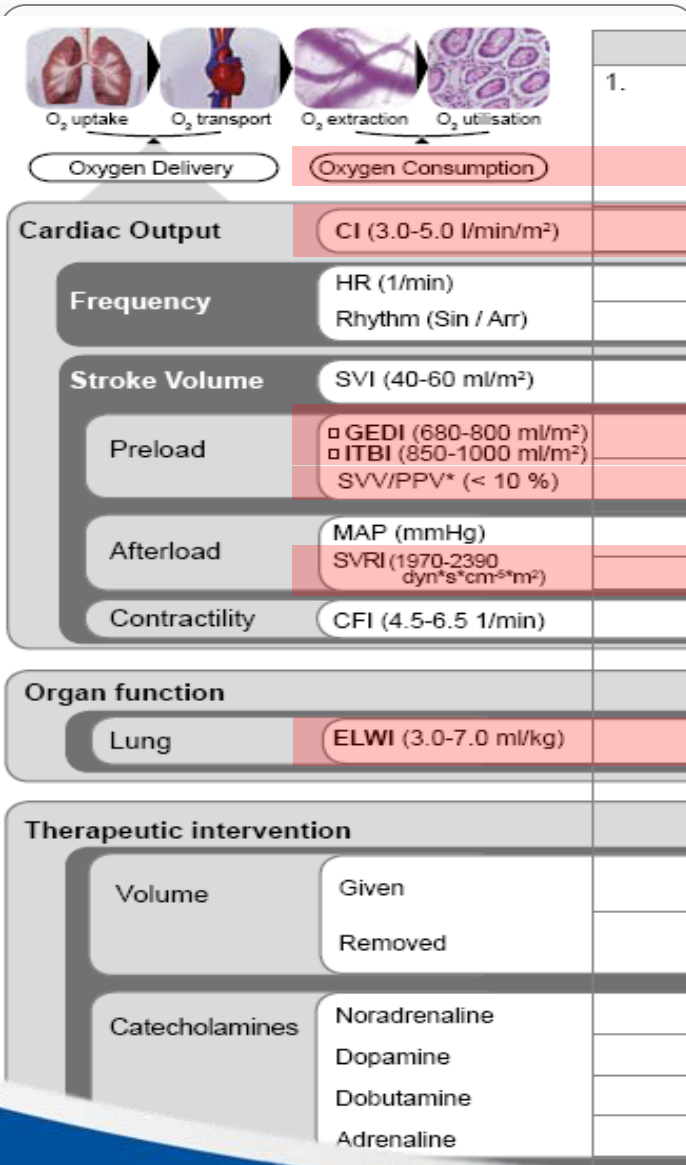
Jakie leczenie?



PiCCO model fizjologiczny



Najważniejsze parametry



- ScvO₂: Odpowiednie dotlenienie tkanek?
- CI: Odpowiedni przepływ?
- GEDI: Odpowiednie obciążenie wstępne?
- SVV/PPV: Jaka odpowiedź objętościowa?
- SVRI: Terapia wazopresorami konieczna?
- ELWI: Obrzęk płuc?

Pola parametrów

Informacje ogólne



Rzut serca

Ciągły pomiar rzutu serca
TD Rzut serca
Objętość wyrzutowa

Obciążenie
wstępne
objętościowe

Obciążenie wstępne objętościowe
Odpowiedź objętościowa
Obciążenie następcze
Całkowita frakcja wyrzutowa,
Systemowy opór naczyniowy
Kurczliwość lewej komory

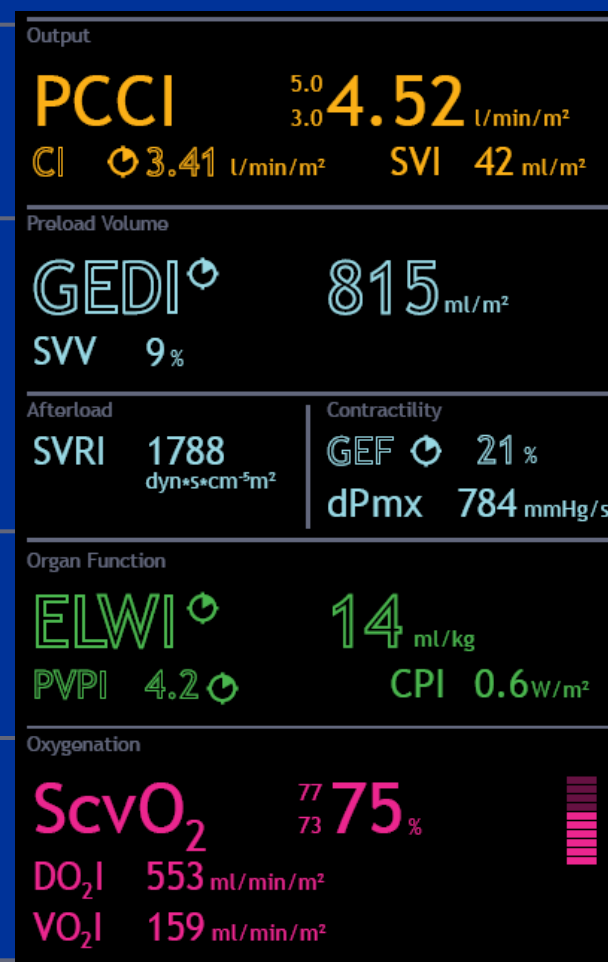
Woda poza-
naczyniowa

Pozanaczyniowa woda płucna
Wskaźnik przepuszczalności naczyń
Moc pojemności minutowej

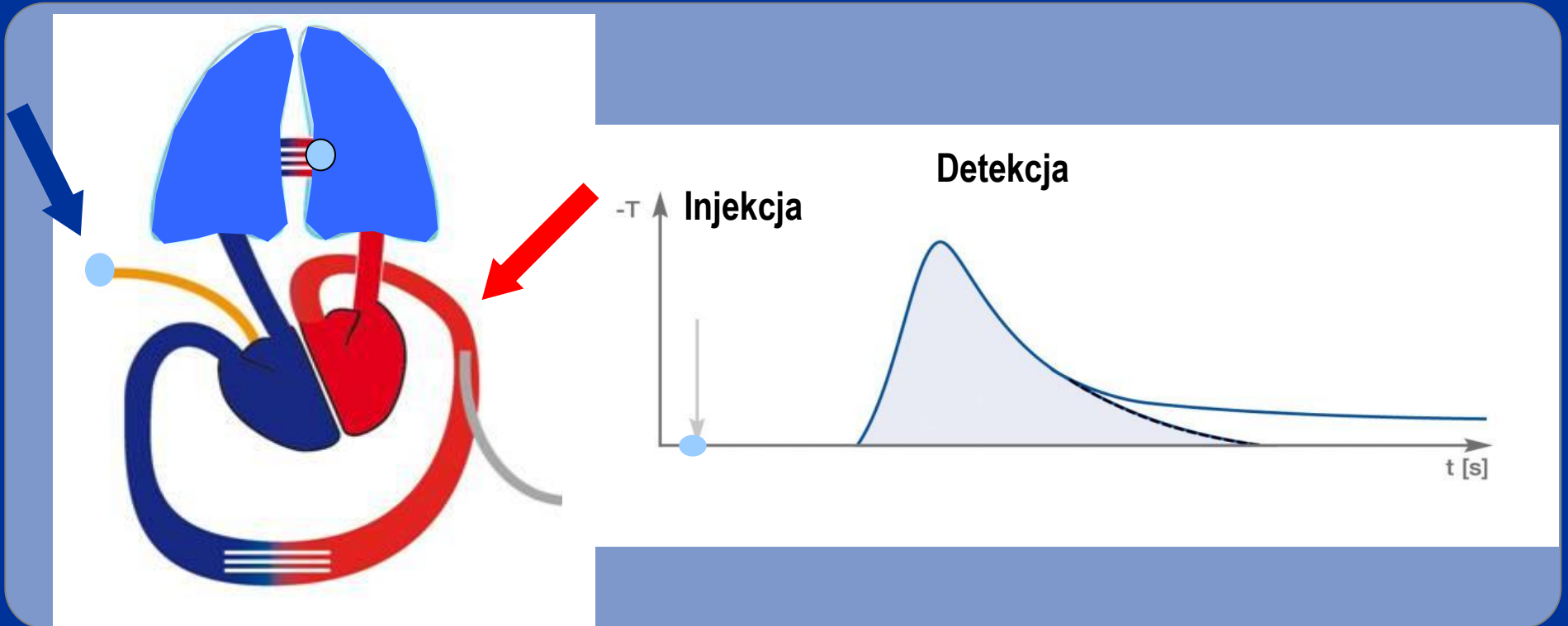
Saturacja krwi żyłnej

Saturacja krwi żyłnej
Dostarczanie tlenu
Konsumpcja tlenu

Szczegóły



Termodylucja przez płucna



- Dawka iniektatu o temp. niższej o 10 st. od temp. krwi wstrzykiwana jest przez centralny cewnik żylny. Zmiana temperatury zależy od przepływu i objętości krwi
- Krzywa termodylucji rejestrowana jest za pomocą cewnika tętniczego do termodylucji, który wykorzystywany jest także do monitorowania ciśnienia tętniczego,
- CO, Obciążenie wstępne GEDV i Pozanaczyniowa woda w płucach EWLW są mierzone

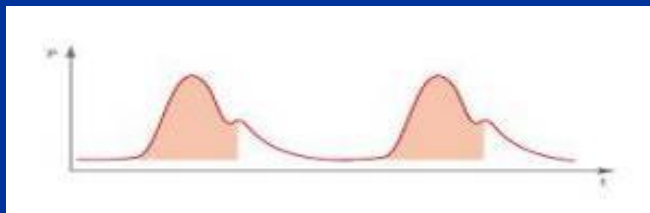
Pomiar rzutu serca

- Termodylucja przezpłucna



Nieciągły,
obliczany wg wzoru Stewarda-Hamiltona

- Analiza krzywej ciśnienia



Ciągły (Beat-by-Beat)

Kalibracja

- połączenie dwóch technik pomiarowych dla maksymalnej dokładności ciągłego pomiaru CO,
- stałe obliczanie rzutu serca w oparciu o udoskonalony algorytm analizy krzywej ciśnienia tętniczego,
- kalibracja ciągłego pomiaru rzutu serca referencyjnymi pomiarami metodą termodylucji przez płucnej
- po wprowadzeniu wzrostu, masy ciała, kategorii i płci pacjenta wyświetla parametry dostosowane do charakterystyki ciała

Rzut serca - PCCO, CO, SV

Rzut serca – Objętość krwi pompowana przez serce w ciągu jednej minuty



Flow
PCCI 20.0
10.0 **4.52** l/min/m²

PCCI 3-5 l/min/m²

SVI 40-60 ml/m²

PCCO – Pulse Contour Cardiac Output

PCCI – Pulse Contour Cardiac Index

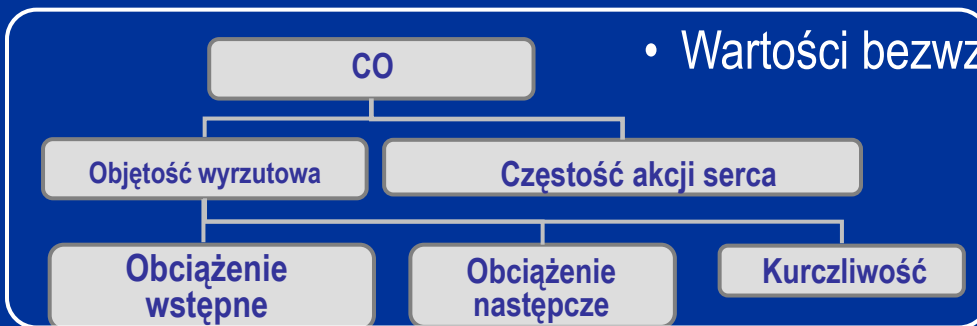
CO – Cardiac Output (termodylucja)

- CI oznacza całkowity przepływ krwi

SV – Stroke volume

- Objętość wyrzutowa SV zależy od obciążenia wstępnego, wydajności serca oraz obciążenia następczego

- Wartości bezwzględne lub indeksowane (PCCI) do przewidywanej powierzchni ciała (PBW)



Obciążenie wstępne – Objętość zamiast ciśnienia

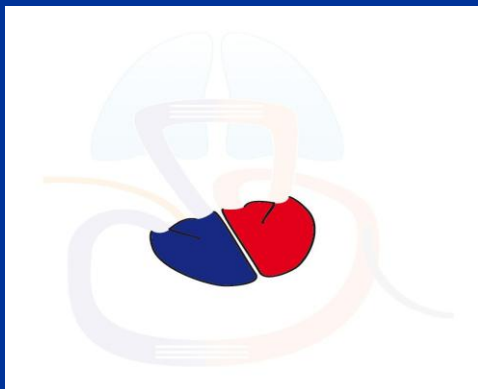
Obciążenie wstępne (zwane także ciśnieniem końcowo rozkurczowym) – Objętość krwi w sercu dostępna do wypompowania



Volumen
GEDV 815 ml/m²

GEDV 680-800 ml/m²

GEDV – Global End-diastolic Volume
Całkowita objętość końcowo-rozkurczowa
GEDV – Global End-diastolic Volume Index



- Ogólna ilość krwi pozostającej we wszystkich komorach serca tzn. w przedsionkach i komorach po rozkurczu
- Objętość obciążenia wstępnego jest niezbędna dla odpowiedniego CO
- GEDV jest przedstawione również w postaci parametrów indeksowanych “do przewidywanej powierzchni ciała” oraz w wartościach bezwzględnych,
- Doskonały wskaźnik obciążenia wstępnego, stosowany do prowadzenia terapii objętościowej

Obciążenie wstępne – Objętość zamiast wypełnienia ciśnienia

Obciążenie wstępne



ITBI 900 ml/m²

ITBV – Intrathoracic Blood Volume
Objętość krwi krążącej w klatce piersiowej
ITBI – Intrathoracic Blood Volume Index

- Wypełnienie objętością wszystkich czterech komór serca i krążenia płucnego, odpowiada całkowitej ilości krwi w klatce piersiowej
- Objętość obciążenia wstępnego jest niezbędna dla odpowiedniego CO ,
- ITBI jest przedstawione w postaci parametrów indeksowanych “do przewidywanej powierzchni ciała” oraz wartościach bezwzględnych,
- Doskonały wskaźnik obciążenia wstępnego, stosowany do prowadzenia terapii objętościowej



Wydajność – CFI mierzone z termodylucji

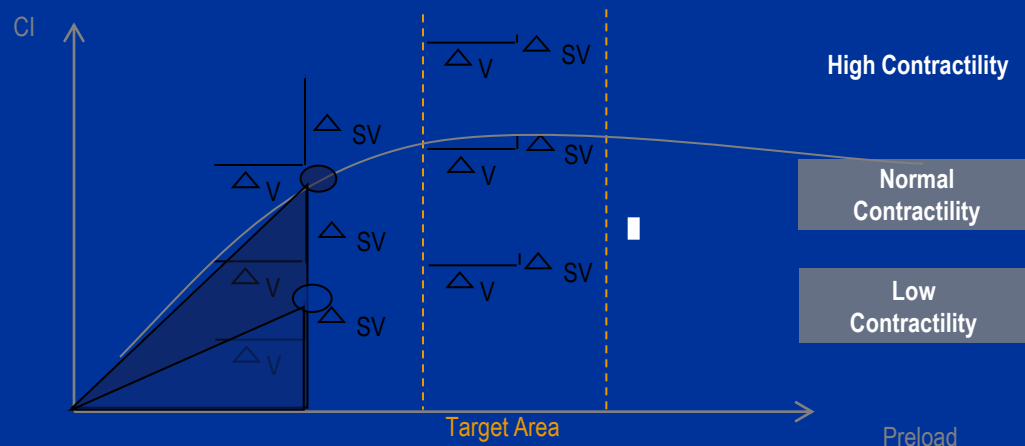


CFI  4.7 l/min

CFI* 4,5 - 6,5
CFI = CI / GEDI

CFI - Cardiac Function Index Wskaźnik funkcji serca

- Parametr globalnej kurczliwości serca, prawe i lewe serce
- Frakcja objętości obciążenia wstępnego, która jest pompowana w ciągu jednej minuty, dobra korelacja z echo serca,
- Wskaźnik sercowy podzielony przez całkowitą objętość końcowo-rozkurczową **CFI = CI / GEDI**




Wydajność – GEF mierzone z termodylucji

GEF* **25 - 35 %**

LVEF **50 - 70 %**

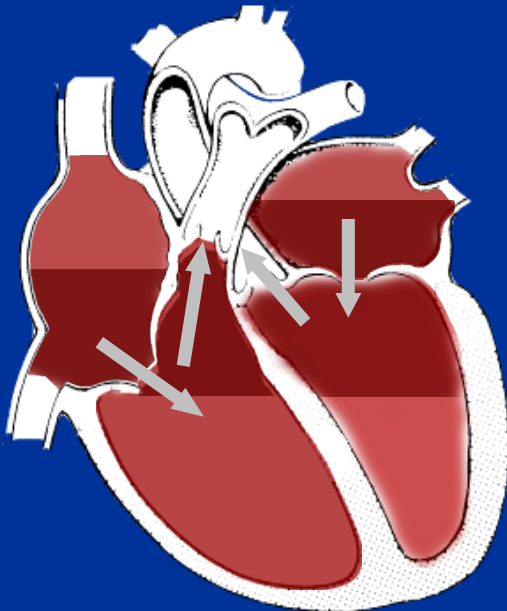
GEF = 4 x SV / GEDV



GEF  **36 %**

GEF - Global Ejection Fraction Całkowita frakcja wyrzutowa

- Parametr globalnej kurczliwości serca, jeden z ważniejszych parametrów określający prawidłowe funkcjonowanie serca jako pompy, parametr wykorzystywany do wykrywania dysfunkcji prawej i/lub lewej komory
- Wartość GEF jest wynikiem czterech objętości wyrzutowych podzielonych przez całkowitą objętość końcowo-rozkurczową



Wydajność – dPmx mierzone w sposób ciągły

Kurczliwość – Wydajność mięśnia sercowego
Zmiany w wydajności serca podczas stałego obciążenia wstępnego, następczego, częstotliwości akcji serca są wynikiem zmiany kurczliwości



dPmx 847 mmHg/s

dPmx 900-1200

dPmx – Left Heart Contractility
Kurczliwość lewej komory

- Prędkość wzrostu ciśnienia aortalnego podczas skurczu serca dPmx jest skrótem od $\Delta P/\Delta t_{\max}$
- Pozwala na bliskie oszacowanie kurczliwości lewej komory serca
- dPmx stosowane do szacowania podawania środków inotropowych i sercowo-naczyniowych



Obciążenie następcze – SVR mierzone w sposób ciągły

Obciążenie następcze – Ciśnienie jakie musi pokonać serce aby wyrzucić krew
Jeśli inne czynniki pozostają bez zmian pojemność minutowa serca zmniejsza się wraz ze wzrostem obciążenia następczego.



SVRI 1735
dyn·s·cm⁻³·m²

SVRI 1700-2400 dyn/sec/m²

SVRI - Systemic Vascular Resistance

Systemowy opór naczyniowy

- Najważniejszy czynnik warunkujący obciążenie następcze,
- Ważny parametr warunkujący terapię płynami i leczenie katecholaminami ,

Przepływ (CO)

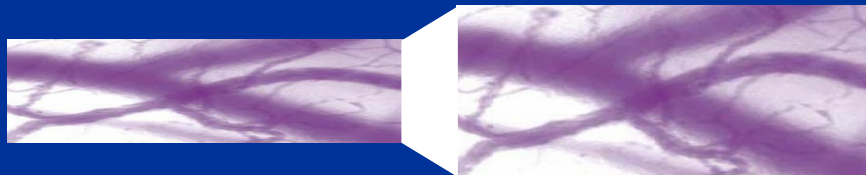
=

Ciśnienie

Opór



Skurcz naczyń: Przepływ (CO) ↓



Rozszerzenie naczyń: Przepływ (CO) ↑

Odpowiedź objętościowa – SVV mierzone w sposób ciągły

Odpowiedź objętościowa – przewiduje czy podawana objętość (np. do wzrostu obciążenia wstępnego) spowoduje wzrost rzutu serca

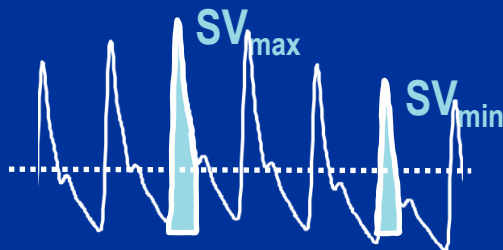


SVV 9%

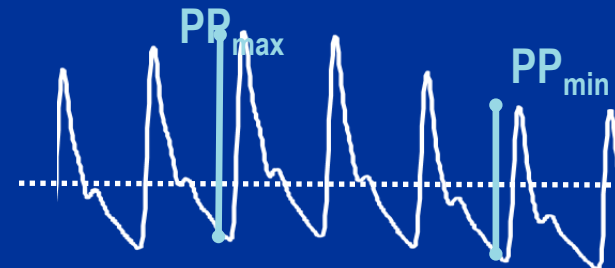
SVV < 10%
PPV < 10%

- Duże wahania objętości wyrzutowej lub ciśnienia tętna spowodowane wentylacją mechaniczną wskazują, że podawane objętości prowadzi do zwiększenia pojemności minutowej serca,
- Znaczące zmiany objętości wyrzutowej są nazywane jako Stroke Volume Variation - Zmienność objętości wyrzutowej
- Znaczące zmiany ciśnienia tętniczego są nazwane Pulse Pressure Variation – Zmienność ciśnienia tętniczego

SVV – Stroke Volume Variation



PPV – Pulse Pressure Variation



Uwaga: Zastosowanie parametrów tylko u pacjentów wentylowanych mechanicznie bez arytmii.

Funkcja narzędzi - Pozanaczyniowa woda płucna - EVLW



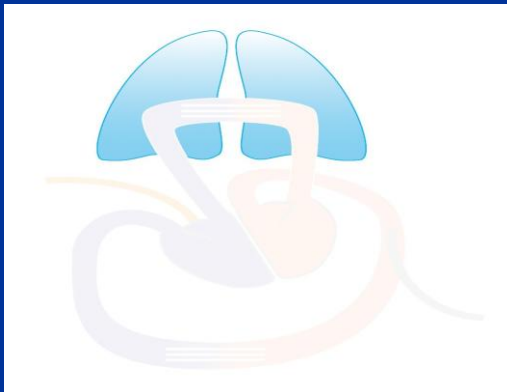
ELWI 14

EVLW 3-7 ml/kgPBW

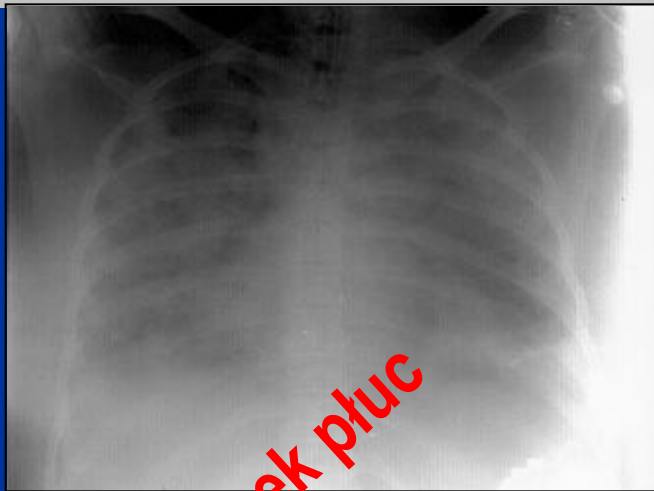
EVLW = ITTV - ITBV

EVLW – Extravascular Lung water Pozanaczyniowa woda płucna

- Bezpośrednie i łatwe określenie oraz monitoring obrzęku płuc przy łóżku chorego
- Pomiar płynu w płucach uwzględnia ilość płynu wewnątrzkomórkowego, tkankowego i wewnątrzpęcherzykowego (wysięk opłucnowy nie wpływa na wartość pomiarów)
- EVLW jest indeksowane do “Przewidywanej masy ciała”



Pozanaczyniowa woda płucna vs RTG



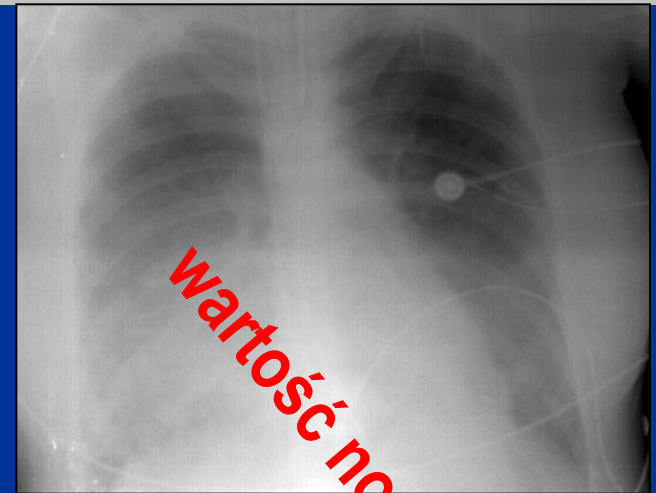
obrzęk płuc

ELWI = 19 ml/kg



ELWI = 14 ml/kg

Pozanaczyniowa
woda płuca
(ELWI)
Wartość normalna:
3 - 7 ml/kg



wartość normalna

ELWI = 7 ml/kg



ELWI = 8 ml/kg

Obrzęk płuc

Obrzęk płuc

Infiltracja wody do tkanki płucnej w wyniku procesów zapalnych, niewydolności krążenia, wyłącza wymianę gazową (natlenienia krwi) i jest trudny do oszacowania metodami konwencjonalnymi

ELWI 21 ml/kg BW



Poważny wzrost wody w płucach

ELWI 11 ml/kg BW



Umiarkowany wzrost wody w płucach

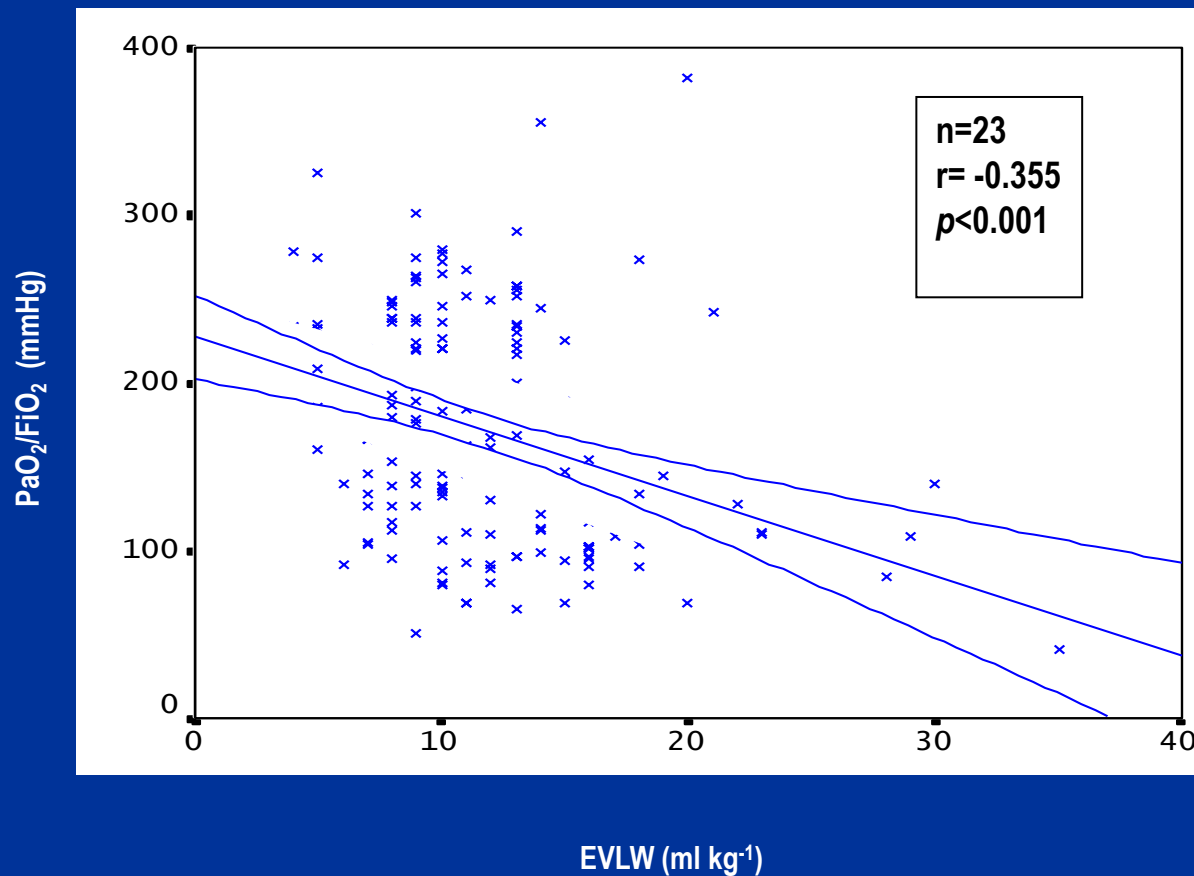
ELWI 5 ml/kg BW



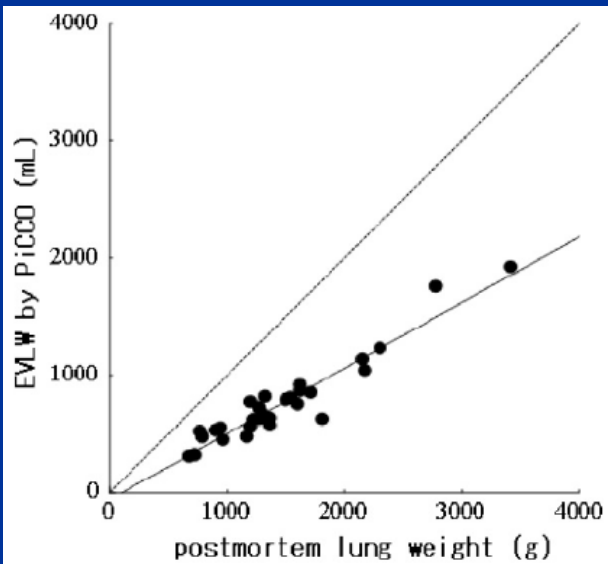
Brak wody w płucach

Pozanaczyniowa woda płucna vs. oxygenacja

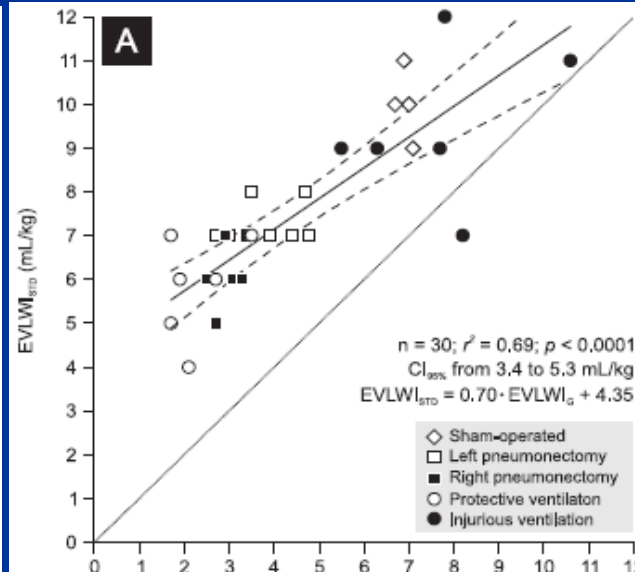
Nie ma zgodności pomiędzy EVLW i PaO₂/FiO₂ u pacjentów z ALI/ARDS



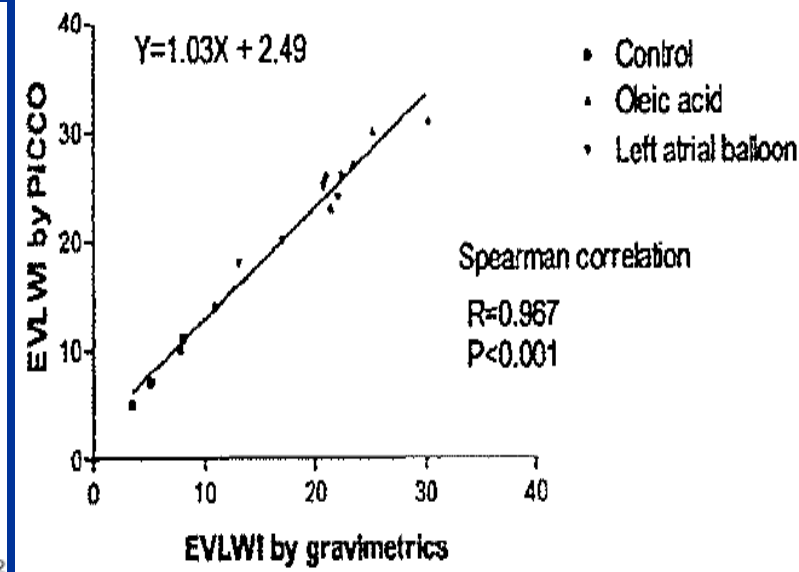
Walidacja pomiarów pozanaczyniowej wody płucnej



Tagami T et al. Critical Care 2010; 14 (5): R162



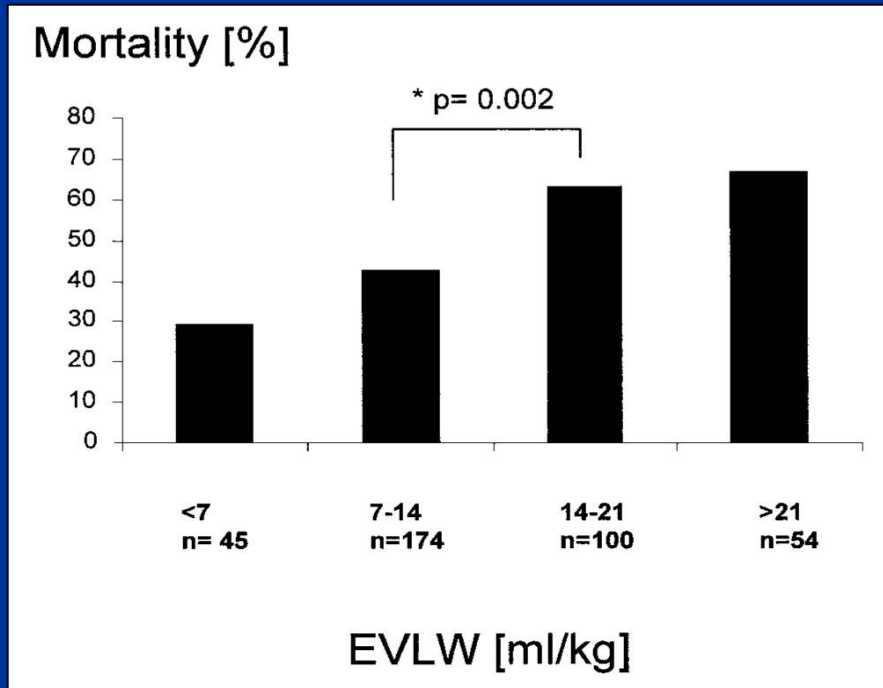
Kuzkov V et al. Crit Care Med 2007; 35 (6): 1550-9



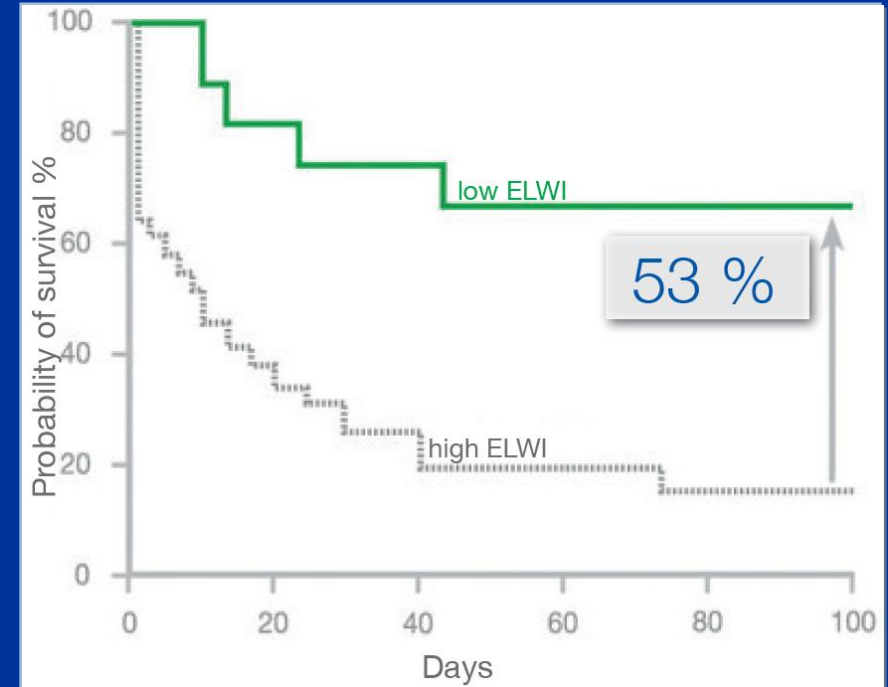
Katzenelson R et al. Crit Care Med 2004; 32 (7): 1550-4

Pozanaczyniowa woda płucna mierzona za pomocą metody termodylucji zgadza się z wagą płuc zmierzoną pośmiertnie oraz grawimetrią (chemiczną analizą ilościową).

Pozanaczyniowa woda płucna - prognoza



Sakka S et al. Chest 2002; 122(6):2080-6

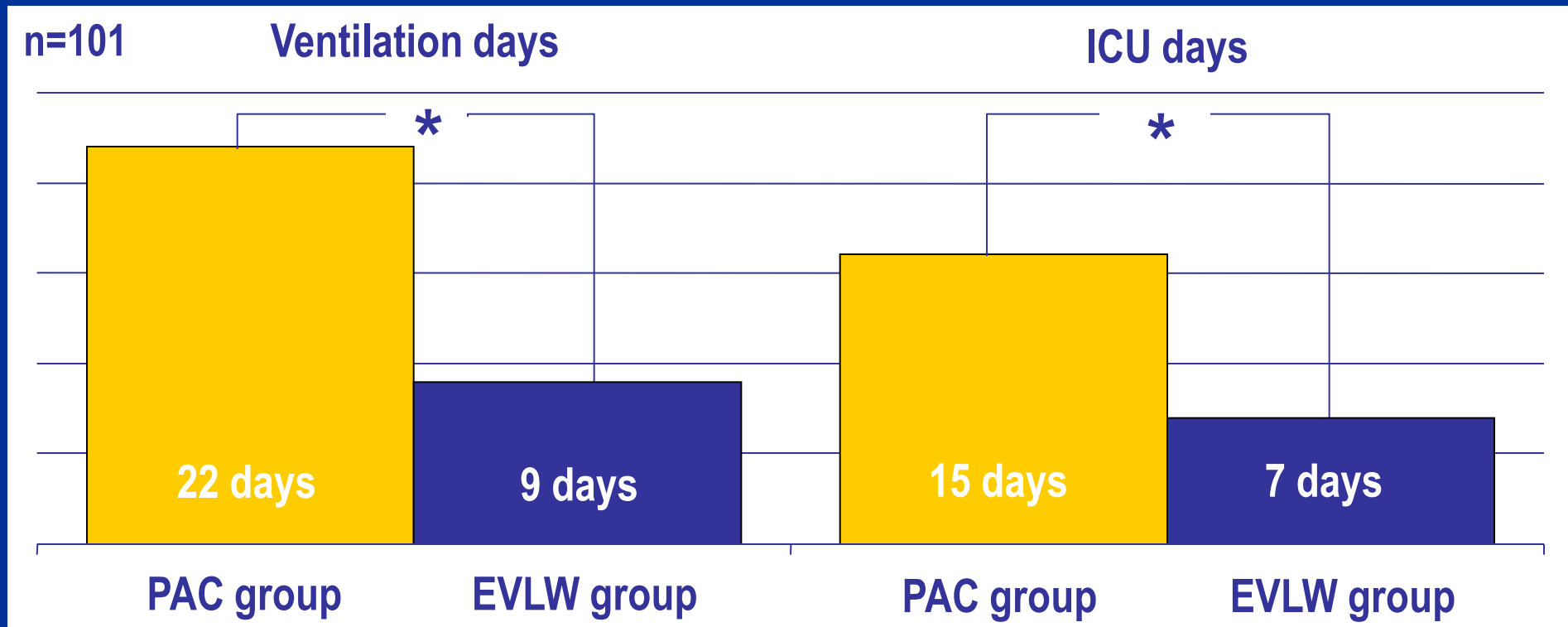


Chung FT et al. Respir Med 2010;122(7):956-61

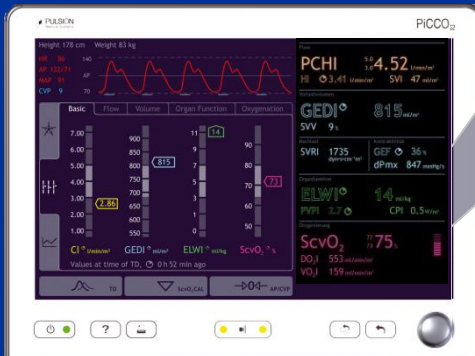
Wysoki poziom pozanaczyniowej wody płucnej jest ściśle związany ze wzrostem śmiertelności 65-85%

Pozanaczyniowa wda płucna a rokowania

Kontrolowanie terapii objętościowej i pozanaczyniowej wody płucnej EVLW prowadzi do znacznej redukcji czasu wentylacji mechanicznej oraz pobytu chorego w szpitalu.



Wskaźnik przepuszczalności naczyń płucnych - PVPI



PVPI 2.7

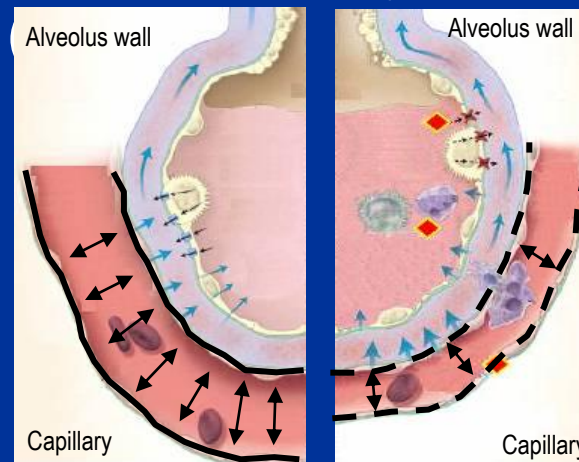
PVPI* 1-3

PVPI = EVLW/PBV

PVPI – Pulmonary Vascular Permeability Index

- Wspomaga rozróżnianie obrzęku płuc spowodowanego wzrostem ciśnienia hydrostatycznego lub zwiększoną przepuszczalnością naczyń (kardiogeny PVPI 1-3 i zapalny PVPI 3-5)
- Zależność pomiędzy poza i wewnątrznacyniowym płynem

Obrzęk płuc kardiogeny
Zwiększone ciśnienie hydrostatyczne
z prawidłową przepuszczalnością



Pęcherzyk

Obrzęk płuc zapalny
Normalne ciśnienie hydrostatyczne
zwiększona przepuszczalność

ScvO₂ – Wskaźnik niewystarczającego dotlenienia tkanek

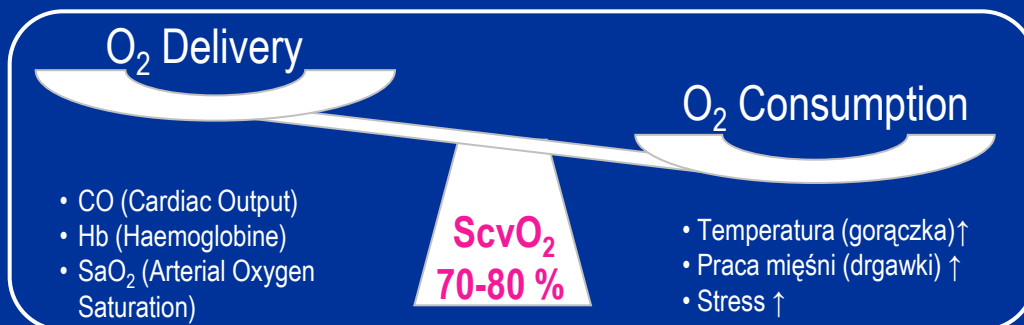


Oxygenierung
ScvO₂ 77 75%
73

ScvO₂ – Central Venous Oxygen Saturation Saturacja krwi żyłnej z żyły głównej górnej

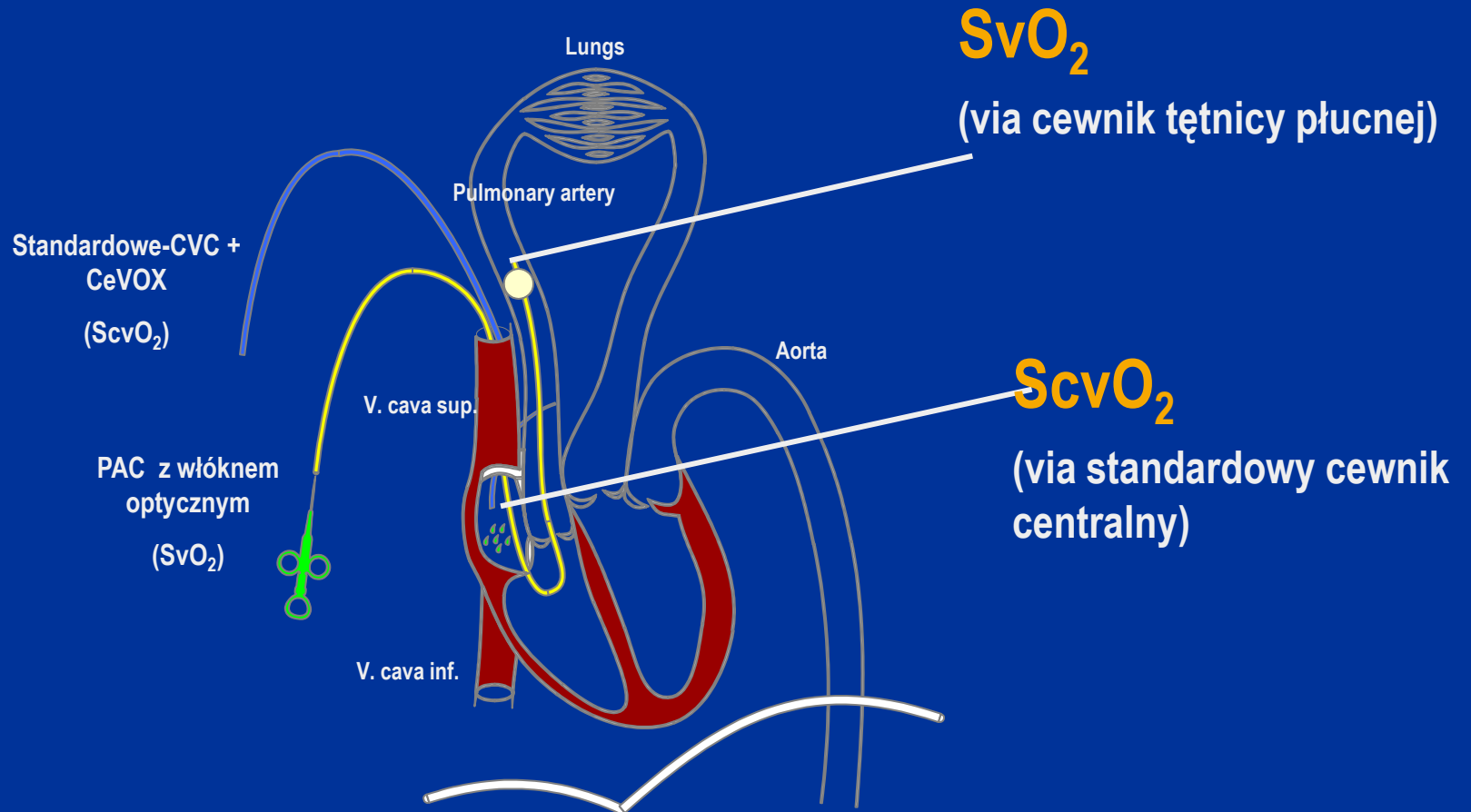
- Mierzona poprzez standardowy cewnik CVC
- SvO₂ (Saturacja krwi żyłnej mieszanej) możliwe tylko poprzez wysoko inwazyjny pomiar poprzez cewnik PA
- dobra korelacja pomiędzy ScvO₂ and SvO₂
- Normy:

ScvO ₂	70-80%
SvO ₂	65-75%



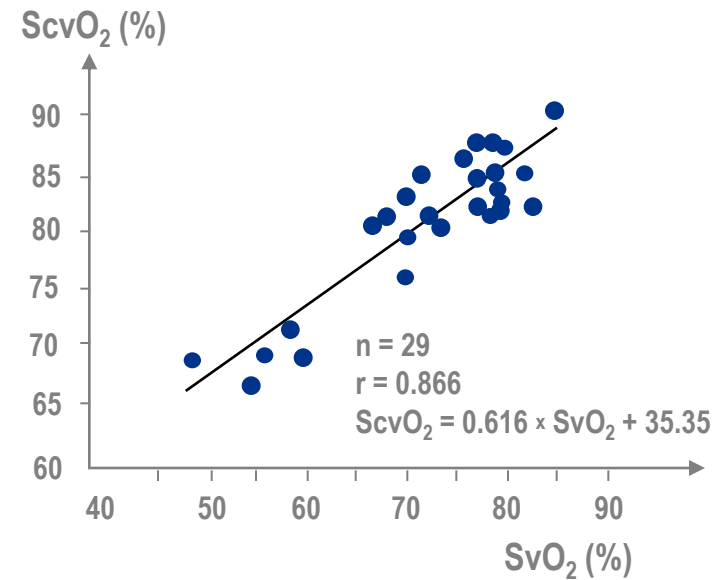
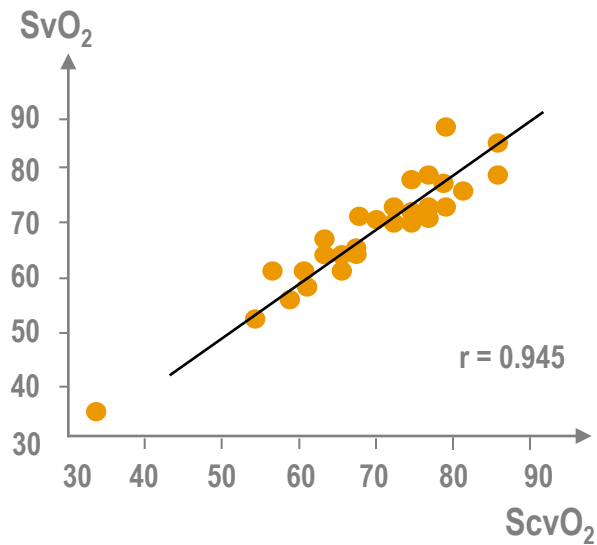
Saturacja krwi żyłnej mieszanej (SvO₂) vs. Saturacja krwi żyłnej z żyły głównej górnej (ScvO₂)

Miejsce pomiaru



Pomiar ScvO₂ vs SvO₂

ScvO₂ dobrze koreluje SvO₂!



Reinhart K et al: Intensive Care Med 60, 1572-1578, 2004;

Ladakis C et al: Respiration 68, 279-285, 2000

Dostawa i konsumpcja tlenu DO₂ i VO₂

DO₂I 400-650 ml/min/m²
VO₂I 125-175 ml/min/m²



DO₂I 553 ml/min/m²
VO₂I 159 ml/min/m²

DO₂I – Oxygen Delivery (Index) Dostawa tlenu

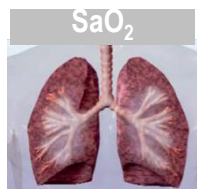
- kalkulowana ze wskaźnika sercowego, hemoglobiny i saturacji krwi tętniczej

VO₂I – Oxygen Consumption (Index) Konsumpcja tlenu

- Kalkulowana ze wskaźnika sercowego hemoglobiny, saturacji krwi tętniczej i (mieszanej) saturacji krwi żylniej

Delivery

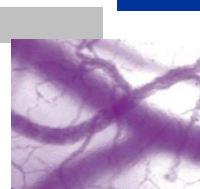
$$DO_2I = CI \times Hb \times 1,34 \times SaO_2$$



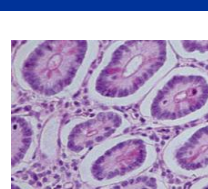
Oxygen intake



Oxygen transport



Oxygen delivery



Oxygen consumption

Normal ranges:

DO₂ 400 - 650 ml/min/m²

VO₂ 125 - 175 ml/min/m²

$$VO_2I = CI \times Hb \times 1,34 \times (SaO_2 - S(c)vO_2)$$

Consumption

Zastosowanie

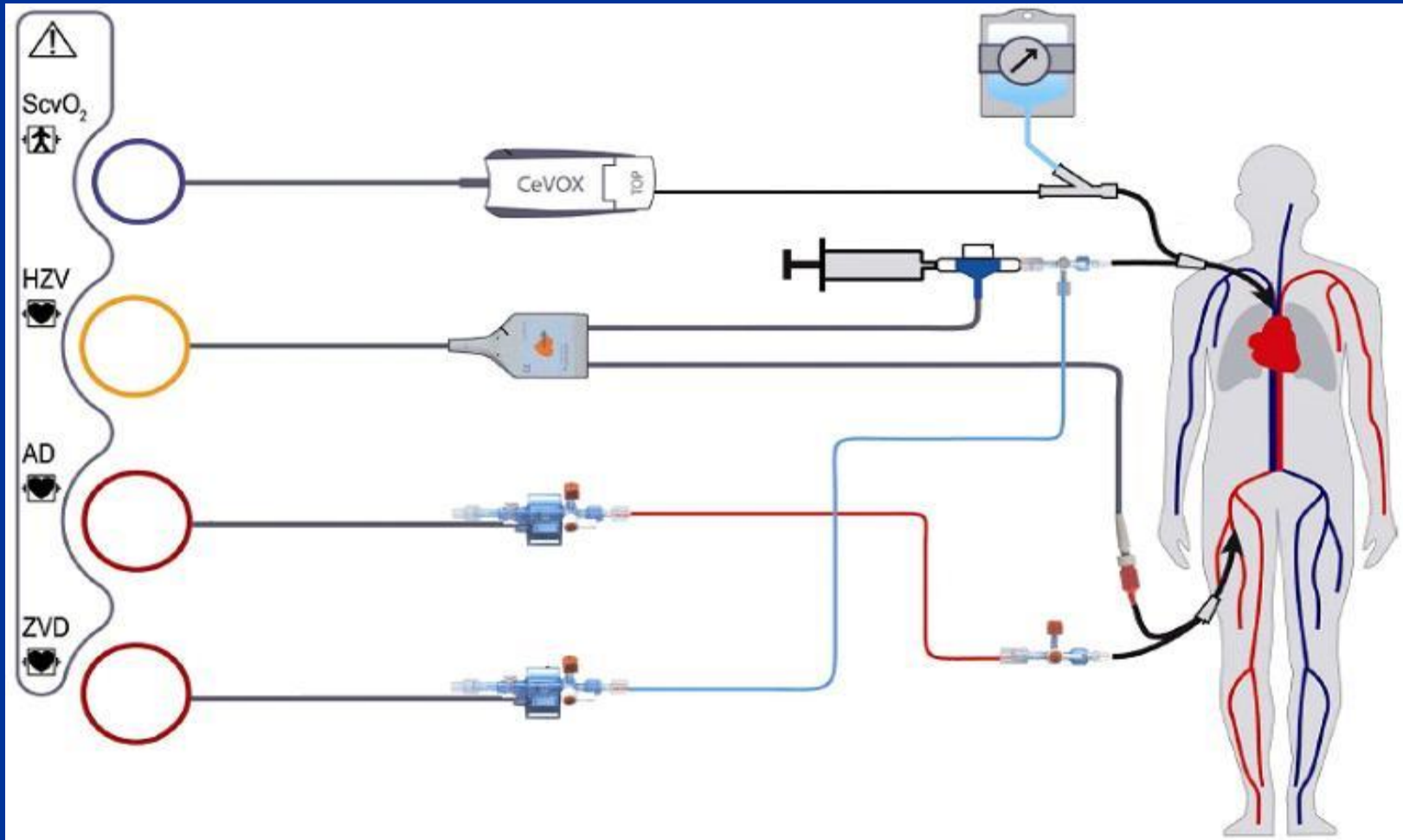
Intensywna terapia

- Wstrząs septyczny
- Wstrząs kardiogeny
- Oparzenia
- Urazy / Wstrząs hypovolemiczny
- ARDS
- Zapalenie trzustki
- Pediatria

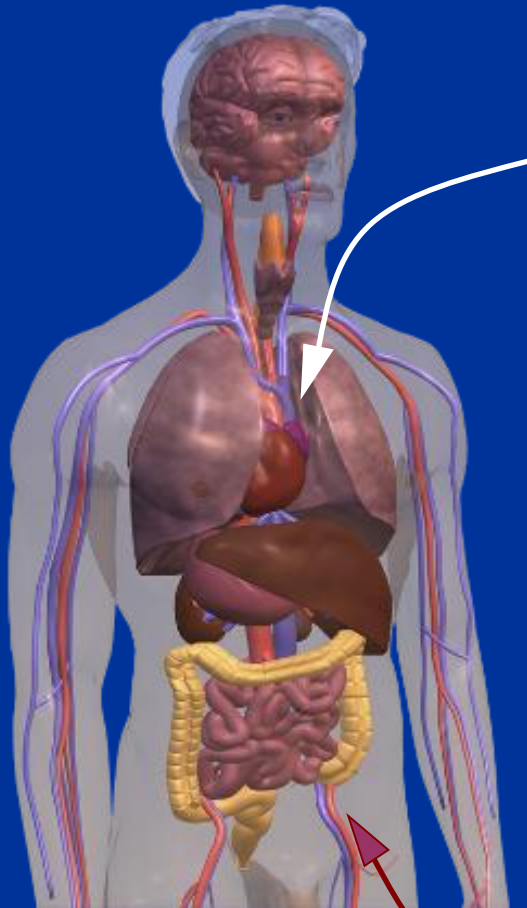
Sródoperacyjnie

- Operacje kardiologiczne
- Chirurgia ogólna
- Neurochirurgia
- Pediatria

Schemat podłączenia



Więcej informacji – mniejsza inwazyjność



Centralny dostęp żylny
(Standard CVC)

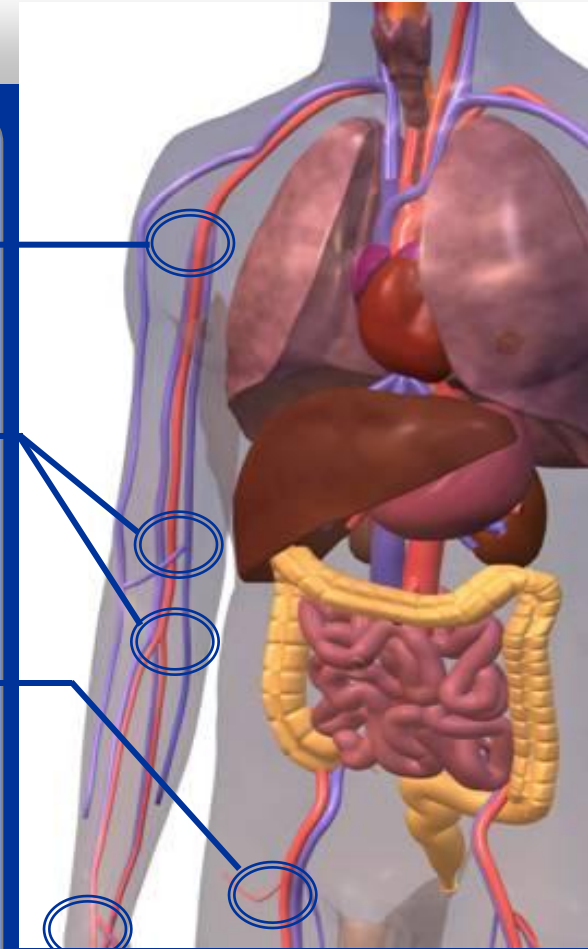
Wymagany tylko
standardowy dostęp

Dostęp z tętnicy udowej
(PiCCO Catheter)
alternatywnie:
Tętnica pachowa i ramienna



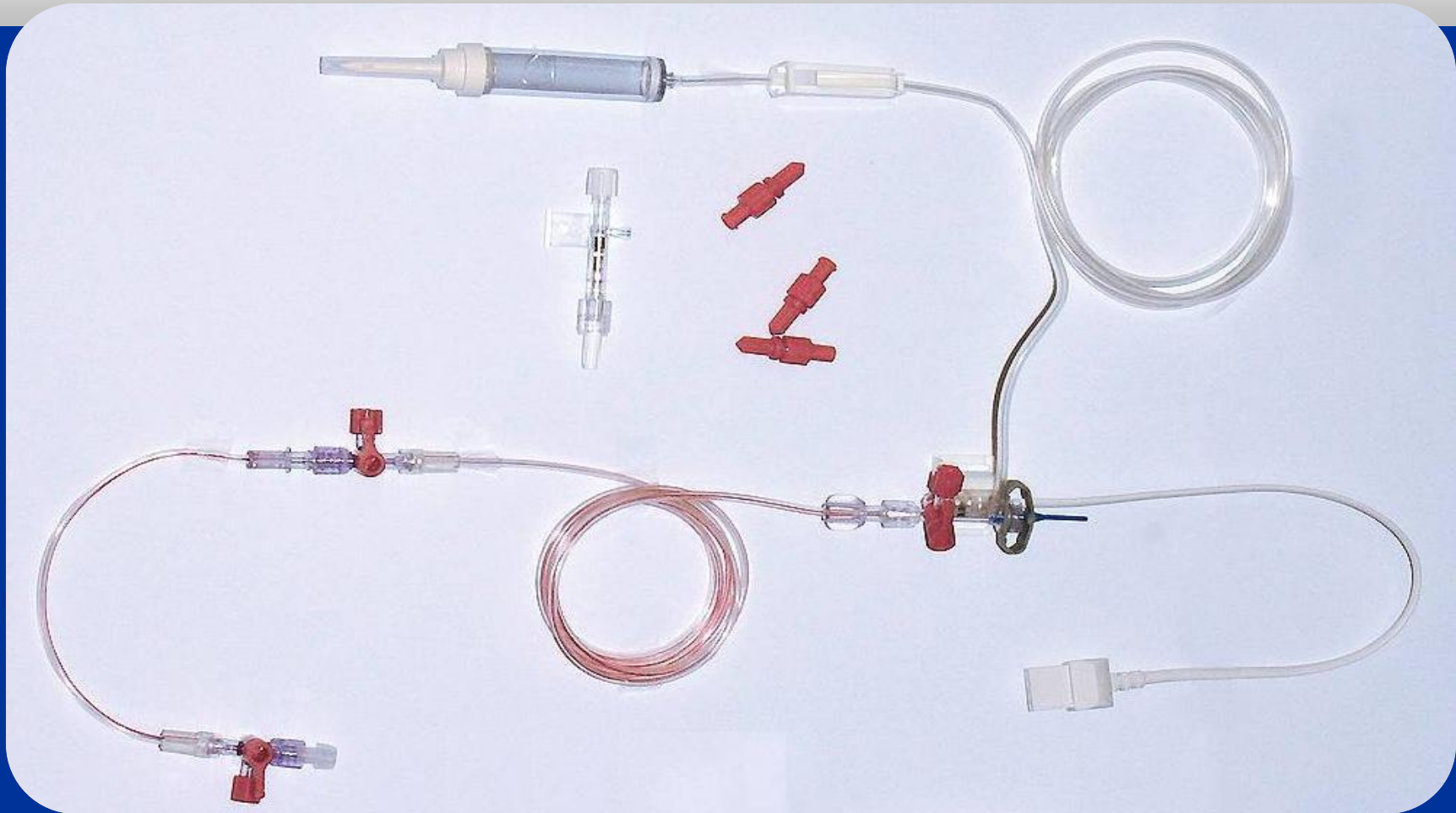
PiCCO Cewniki

Tętnica pachowa	Dorośli	4F - 08cm
Tętnica ramienna	Dorośli	
	proksymalnie	4F - 16cm
	Dorośli	
	ok. łokciowa	4F - 22cm
Tętnica udowa	Dorośli	5F - 20cm
	Dzieci	3F - 07cm
Tętnica promieniowa	Dorośli	4F - 50cm*

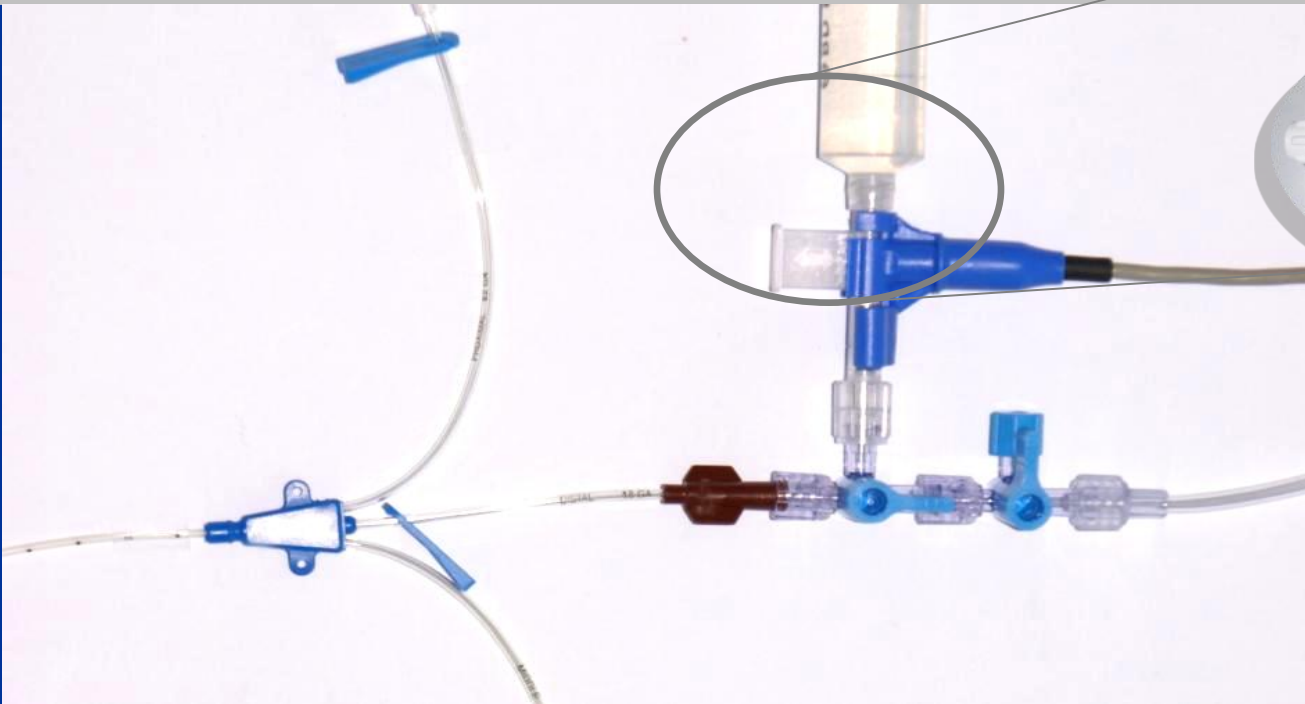


* Product is not available in the USA

Przetwornik do krwawego pomiaru ciśnienia



Obudowa czujnika temperatury PV4046



- Mierzy temperaturę iniektatu w momencie podawania

- Zawarty w zestawie PICCO

- Dostępny osobno

Porównanie mierzonych parametrów

PULSION PiCCO ₂	Edwards PA Cath	OMEGA truccoms	LiDCO Plus	Transonic	Flo-Trac Vigileo	LiDCO Rapid	E Doppler	USCOM	NICO	Bioimpedance	Cheetah	ICON	Masimo	PRAM
CI	CI	CI	CI	CI	APCI	CI	CI	CI	CI	CI	CO	CO	SpHb	CO
PCCI	CCI	CCI	CCI	SVI	SV(I)	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SpOC	SV
SVI	SV	PCWP	SV	SVRI	SVRI	SVV	SVR	SVR	SVR	SVR	SVV	TFI	SpCO	SVR
SVRI	CEDV	PAP	SVV	TEDVI	SVV	PPV	HR	HR	HR	STR	HR	SVV	SpMET	SVV
SVV	PCWP		PPV	CBVI	SvO ₂	MAP	SD	VpK		PEP	NIBP	HR	PVI	PPV
PPV	SVR		SVRI	ACVI	ScvO ₂	HR	PV			LVET	SpO ₂	Ftc	SpO ₂	HR
GEDI	RVEF		MAP	TEF		ABP	MA			VI	DO ₂	ICON	PR	MAP
CFI	PAP		HR				FTc			ACI	TFC	LVET	PI	dPdt
EVLWI	SvO ₂		ABP							TFC	TPR			CCE
HR														
ABP														
SvO ₂														
DO ₂														
VO ₂														
PDR														
SpO ₂														

- Dziękuję za uwagę
- www.pulsion.com

