

Monitorace srdečního výdeje

Dagmar Vondráková

Kardiologická klinika 2.LF UK a FN v Motole



FN MOTOL



2. LF UK

Srdeční výdej (CO)

CO reprezentuje celkový průtok krve, který je přečerpán srdcem

CO je definován jako objem krve, vypuzený RV nebo LV za jednotku času (L/min)

$$\text{CO} = \text{Stroke Volume (SV)} \times \text{Heart Rate (HR)}$$

Fyziologicky CO 5-6L/min nebo CI 2,5-3,5 L/min/m²

Z hemodynamických parametrů jsou CO a perfuzní tlak hlavní faktory dostatečné perfuze a dodávky O₂ do orgánů

Indikace k monitoraci CO u nemocných s cirkulačním šokem

- Potvrzení diagnózy šoku
- Diferenciální diagnostika šoku
- Hodnocení odpovědi na terapii (tekutiny, inotropika, vasopresory, mechanické podpory)

Metody hodnocení srdečního výdeje

Invazivní

- Plicní arteriální termodiluce
- Transpulmonální termodiluce
- Lithium diluce

Minimálně invazivní

- Analýza pulzní vlny (PWA)
- TEE

Neinvazivní

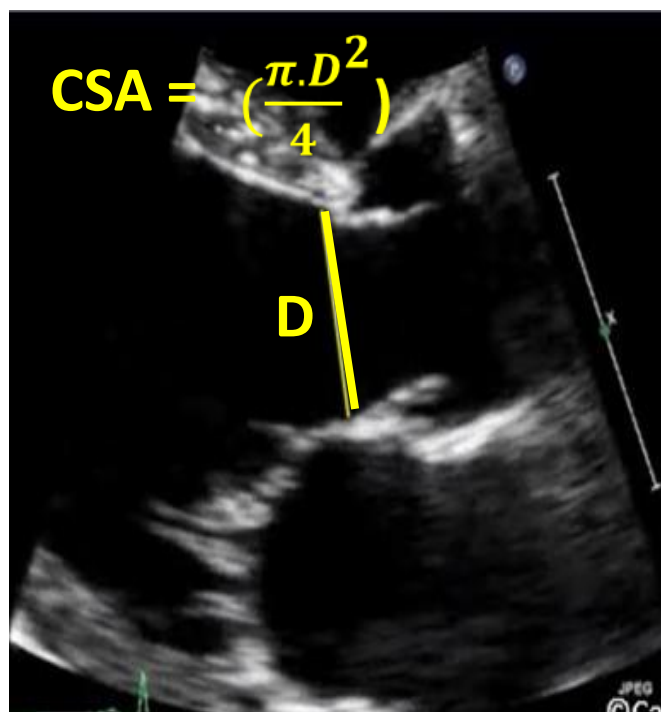
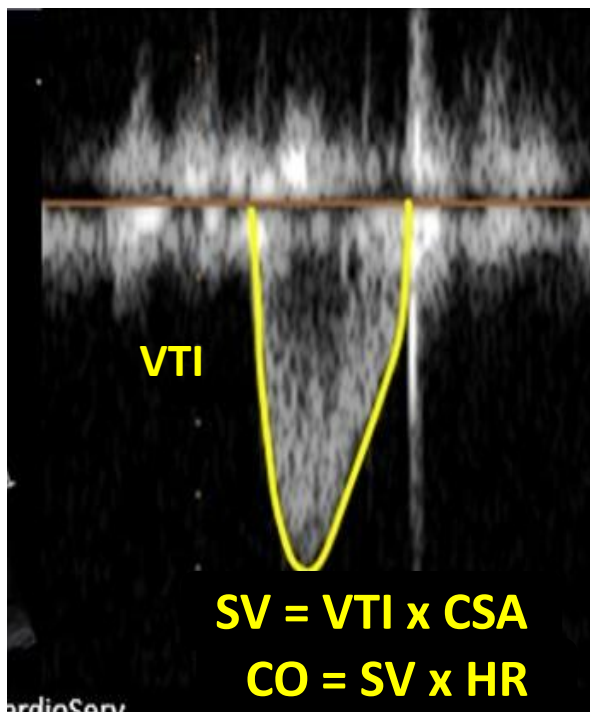
- TTE
- Analýza pulzní vlny (PWA)
- Bioimpedance

Ultrazvuk – Echokardiografie (ECHO)

1. Diagnostická metoda
2. Měření CO v reálném čase

1. Transtorakální ECHO (TTE) – neinvazivní
2. Transesophageální ECHO (TEE) - miniinvazivní
3. Esophageal Doppler Monitoring (EDM) - mininvazivní

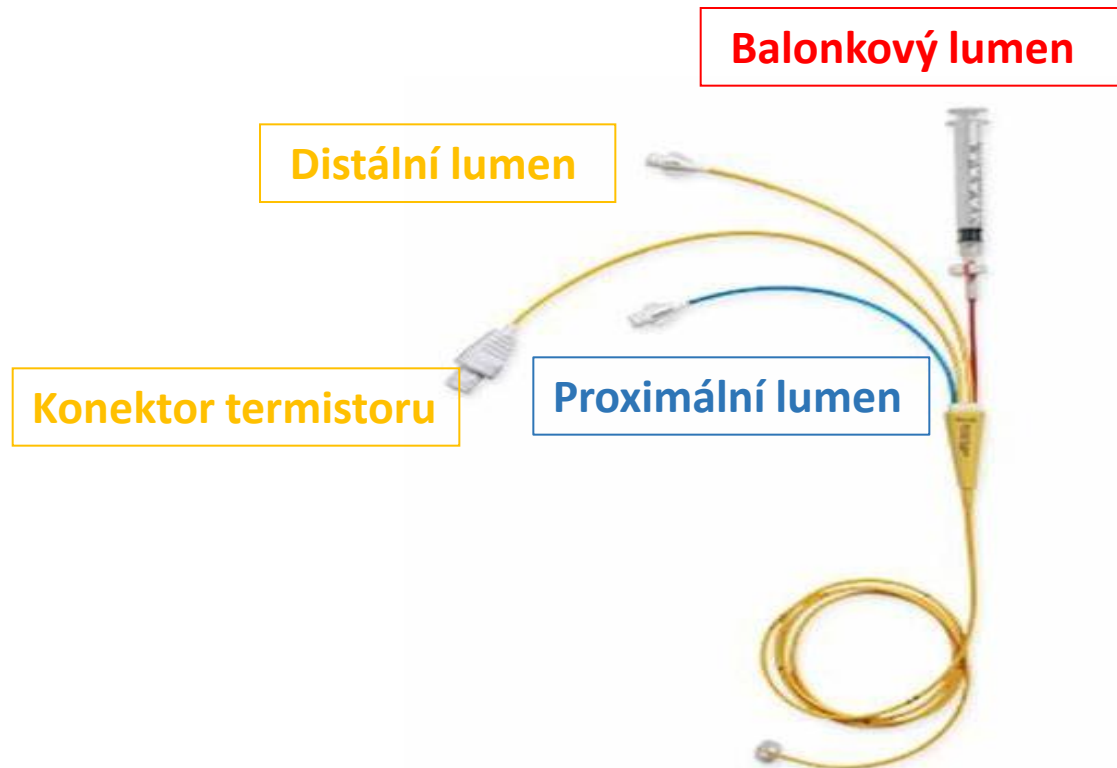
Princip: měření VTI ve výtokovém traktu LV (LVOT VTI)



TTE je přesná metoda a významně koreluje s PAC u kriticky nemocných, ventilovaných pacientů, s chybou do 25%.

Plicnicový katetr (PAC)

- Zavedení PAC je invazivní metoda
- Základní PAC umožňuje měření intrakardiálních tlaků, srdečního výdeje (CO), saturace smíšené žilní krve (SvO₂)



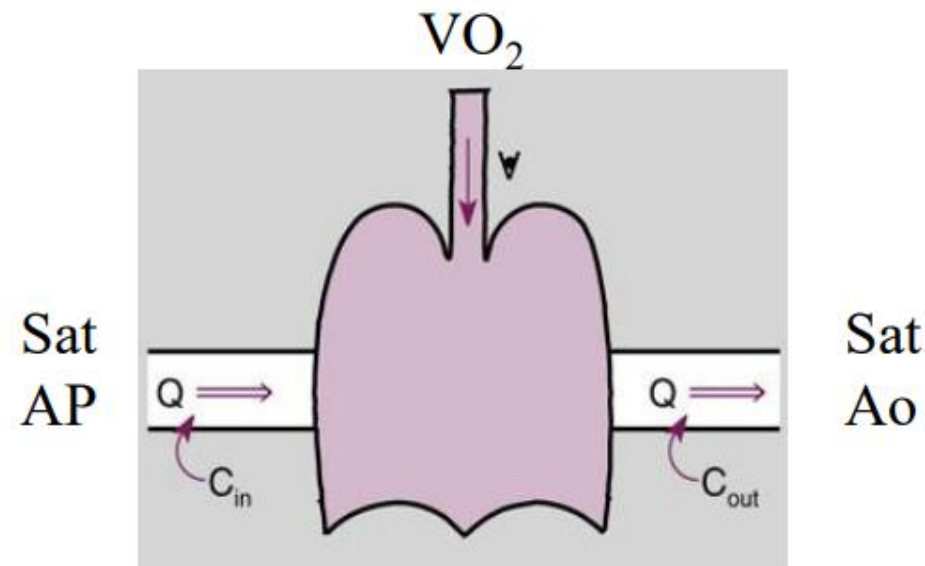
PAC: srdeční výdej - Fickova metoda

- Princip – celková absorpce a produkce látky jakýmkoli orgánem je výsledkem průtoku krve daným orgánem a A-V rozdílem v koncentraci dané látky

Průtok plícemi = $VO_2 / (A-V \text{ rozdíl } O_2)$

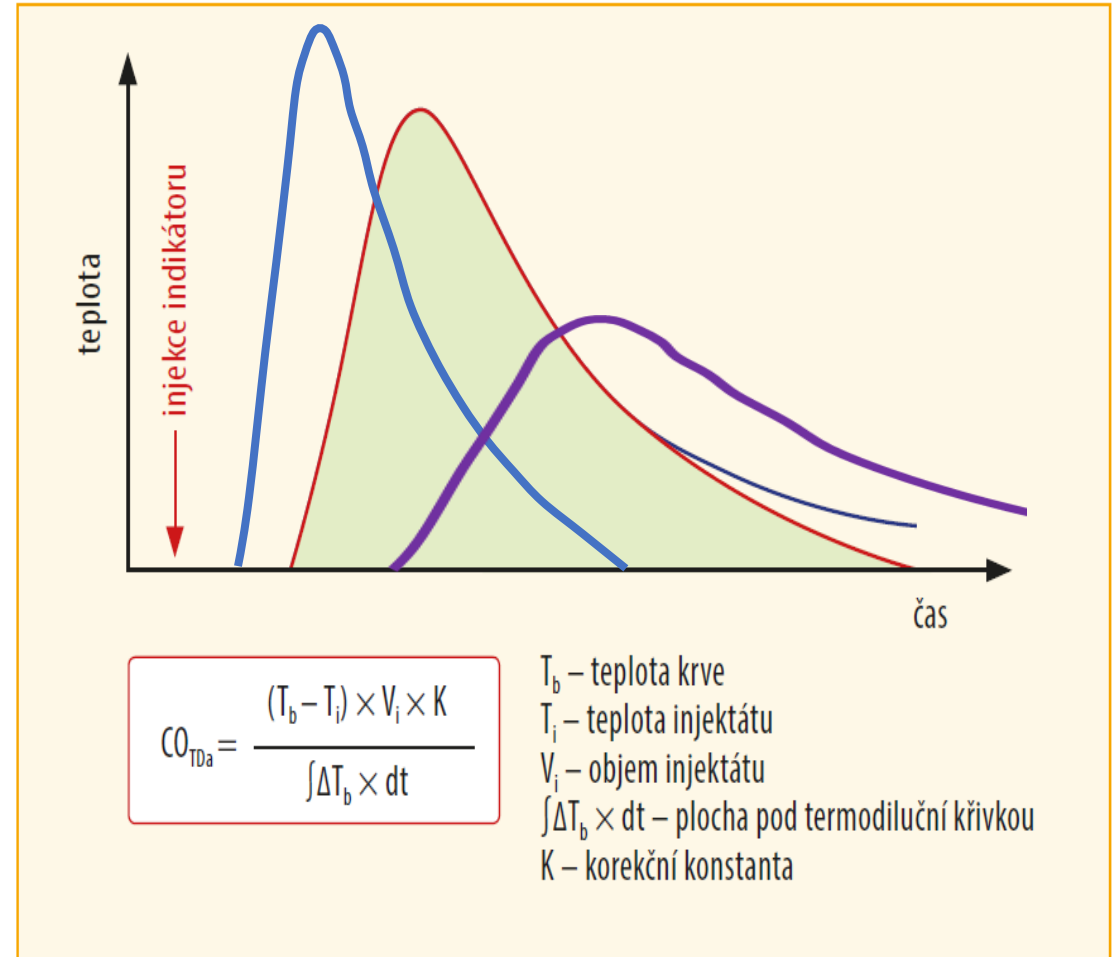
$CO = VO_2 / (A-V \text{ rozdíl } O_2)$

A-V rozdíl = $1.36 \times HGB \times (SaO_2 - SvO_2) \times 10$



PAC: srdeční výdej - termodiluční metoda

- Měříme CO PK (= CO LK při absenci zkratů)
- Bolusové nebo kontinuální
- Vyžaduje PAC s termistorem (3-lumen)
- Principem je změna teploty krve na konci PAC po bolusovém podání chladného roztoku (známý objem a teplota) do proximálního lumen a jeho průtoku pravým srdcem a plicnicí
- Provádíme alespoň 3 měření
- Pokud je rozdíl CO >10% - opakujeme měření



PAC: srdeční výdej - termodiluční metoda

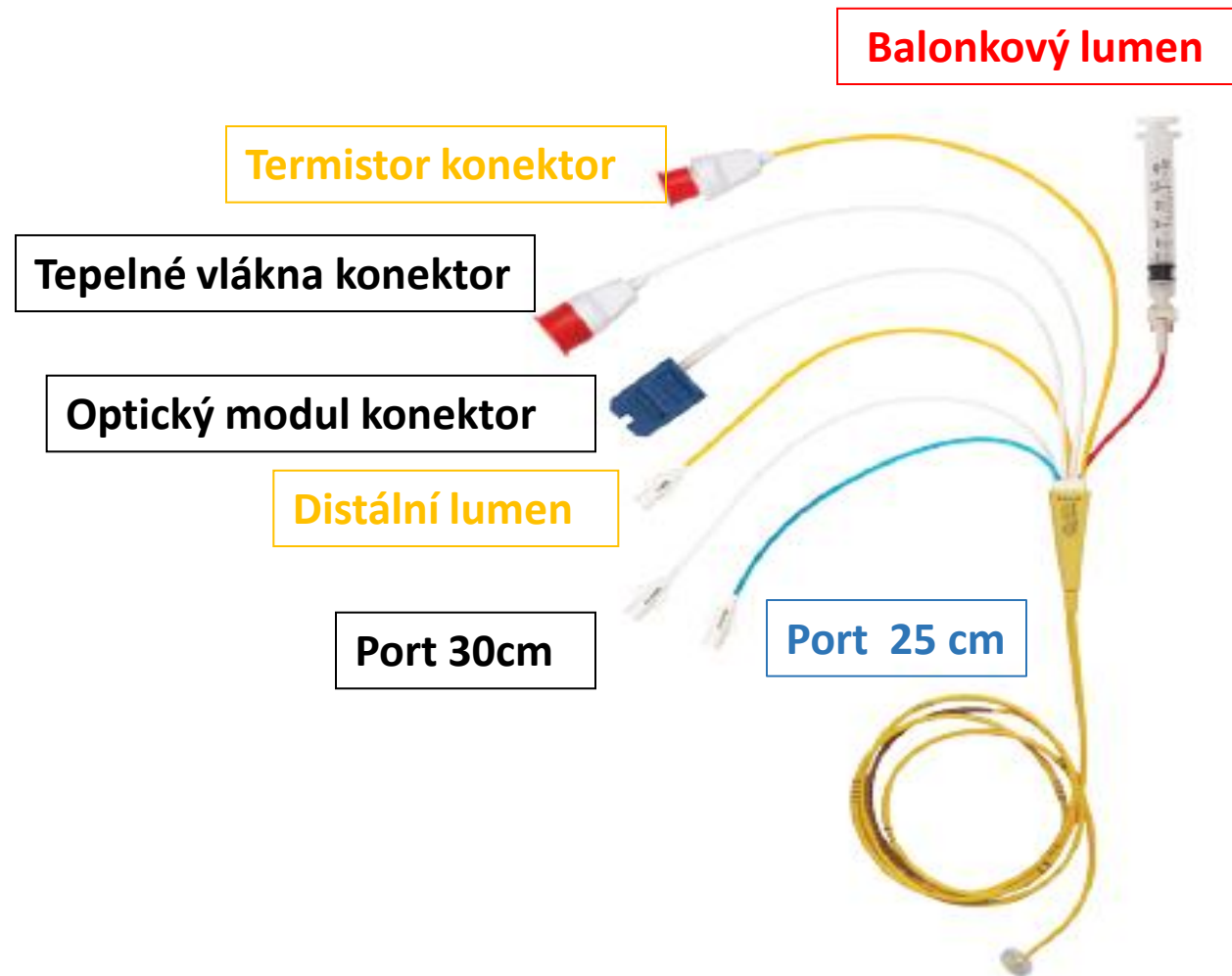
- Významná trikuspidální regurgitace může podhodnotit nebo nadhodnotit CO (hlavně při bolusovém měření)
- Přesnější je kontinuální měření CO

- Nepřesnost měření CO může být způsobena fází respiračního cyklu
- Fibrilace síní, četné SVE a KES v průběhu podávání bolusu vedou k rozptylu naměřených hodnot CO

- PAC měří srdeční výdej PK a zkratové vady mohou způsobit, že výdej PK a LK nebudou identické
 - **Pravo-levý zkrat: $CO_{LK} > CO_{PK}$** **Levo-pravý zkrat: $CO_{LK} < CO_{PK}$**
- PAC samostatně nelze využít při zkratových vadách k spolehlivému měření systémového CO

Plicnicový katetr

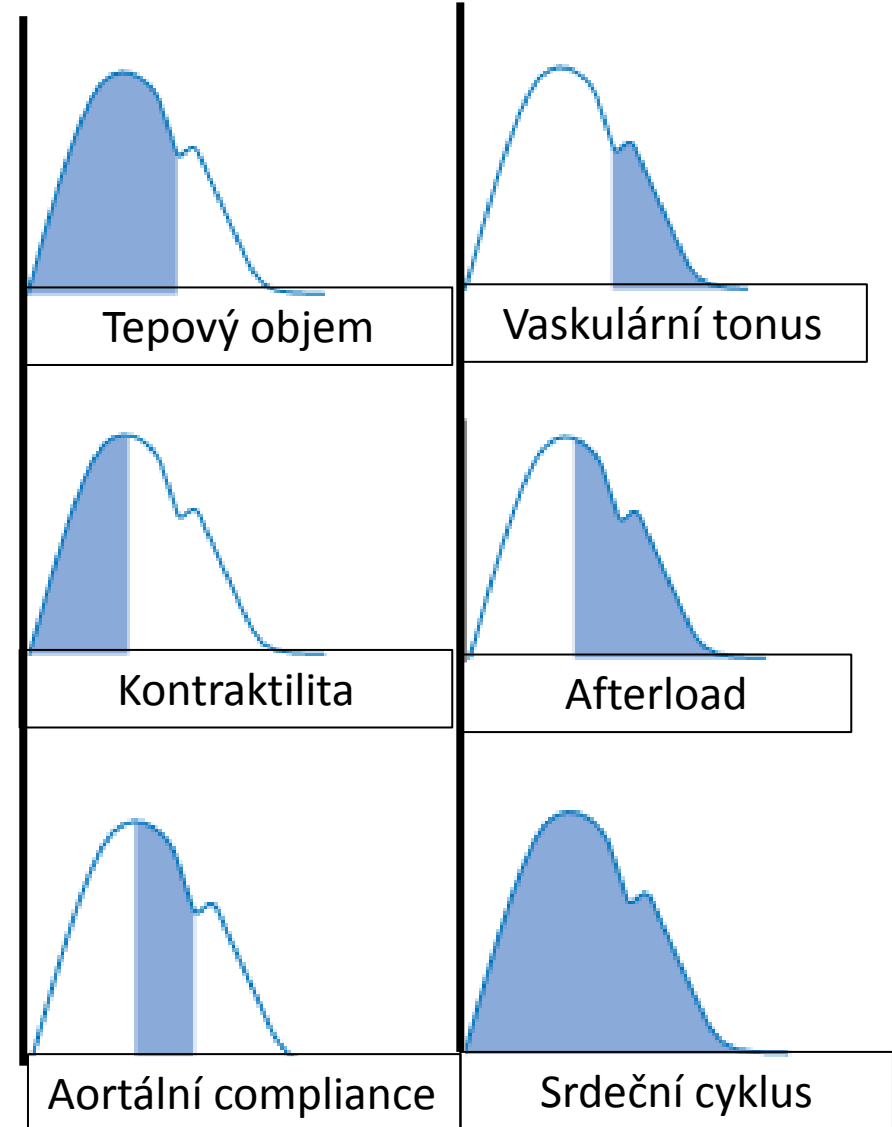
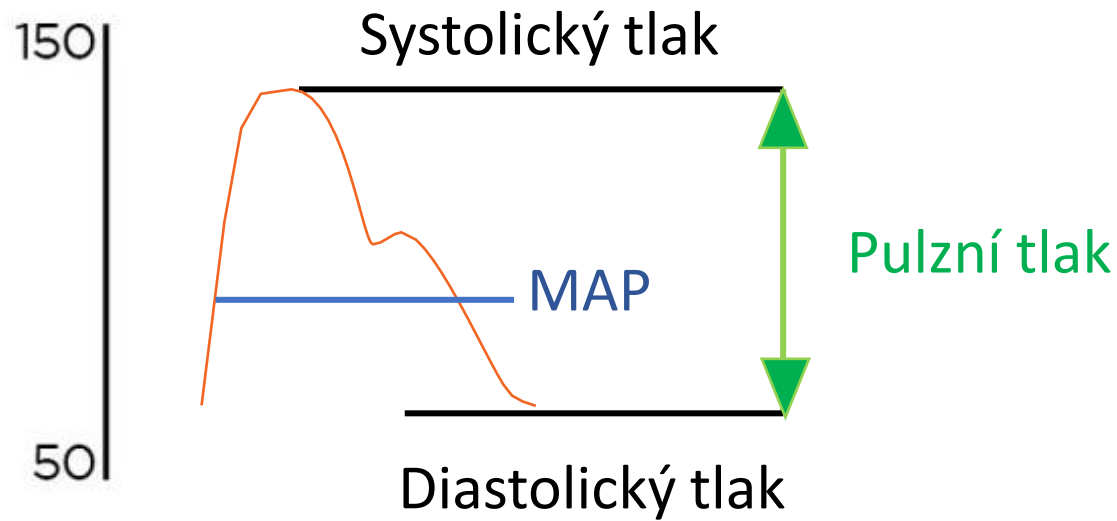
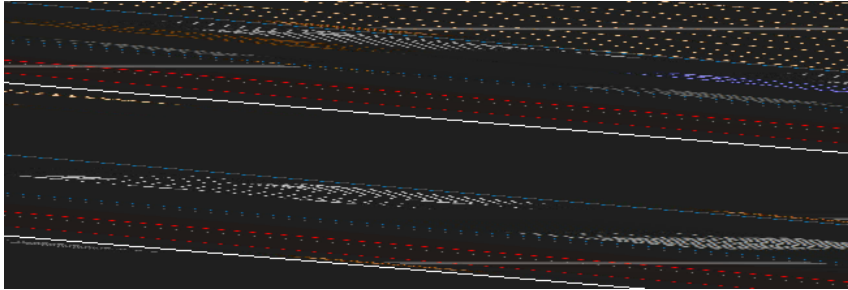
- Technologicky pokročilé PAC při spojení s doporučeným monitorovacím systémem poskytují kontinuální měření hemodynamických hodnot:
 - CO
 - SvO₂
 - Systémová a plicní vaskulární rezistence



Monitorace CO analýzou arteriální pulzní vlny (PWA)

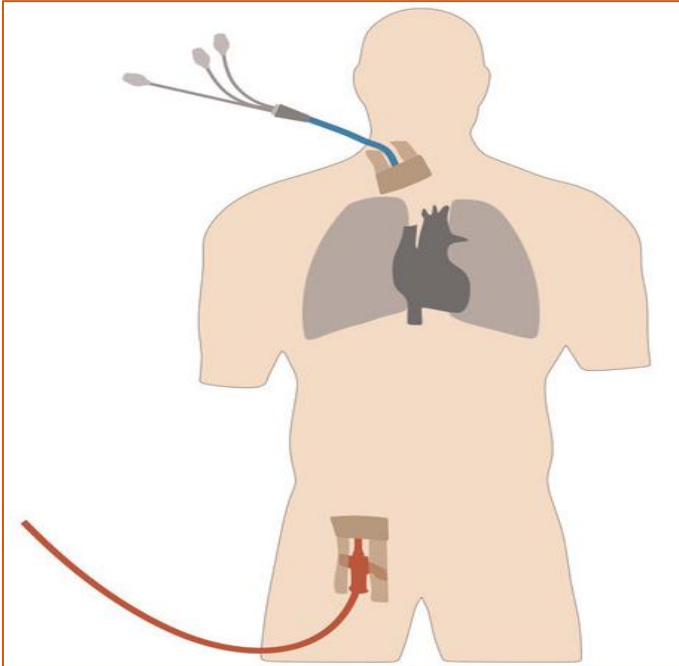
- PWA měří CO kontinuálně v reálném čase vyžitím analýzy arteriální tlakové křivky
- Tento proces není přímým měřením SV/CO, ale je jenom matematickým odhadem (to je krucální k pochopení limitů dané metody)
- Tvar arteriální tlakové křivky je výsledkem interakce mezi objemem krve, který je pumpován během systoly (SV) do uzavřeného vaskulárního systému

Analýza arteriální tlakové křivky



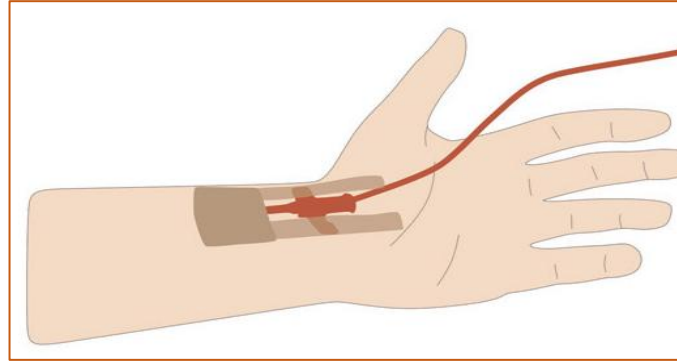
Klasifikace systémů analýzy PWA

INVAZIVNÍ



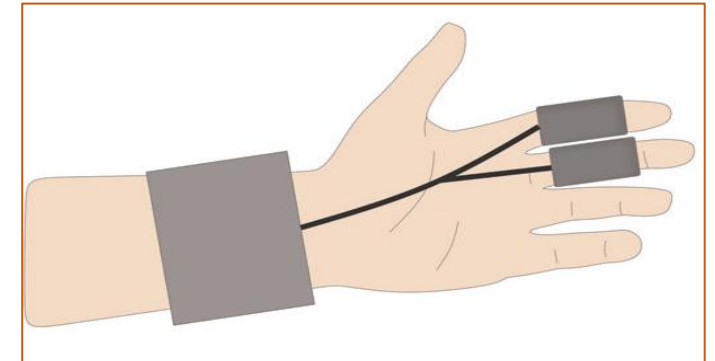
- Kalibrace pomocí transpulmonální termodiluce

MINIMÁLNĚ INVAZIVNÍ



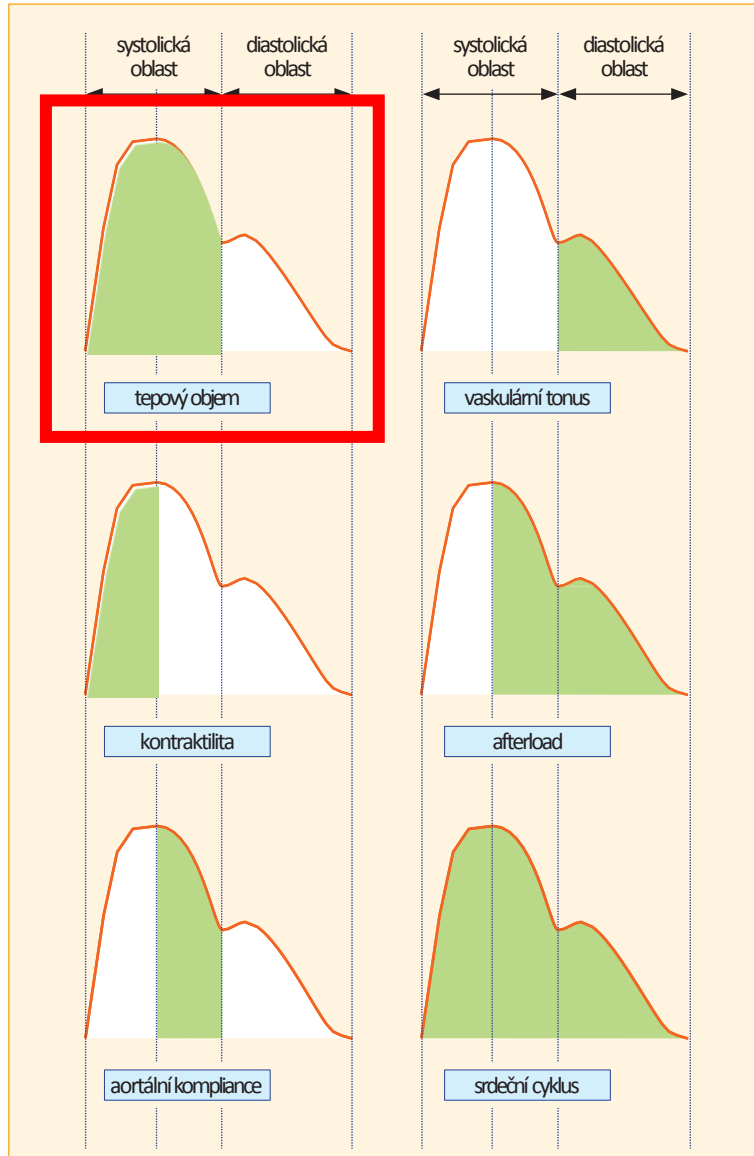
- Nekalibrované systémy
- Systémy s vnitřní kalibrací

NEINVAZIVNÍ

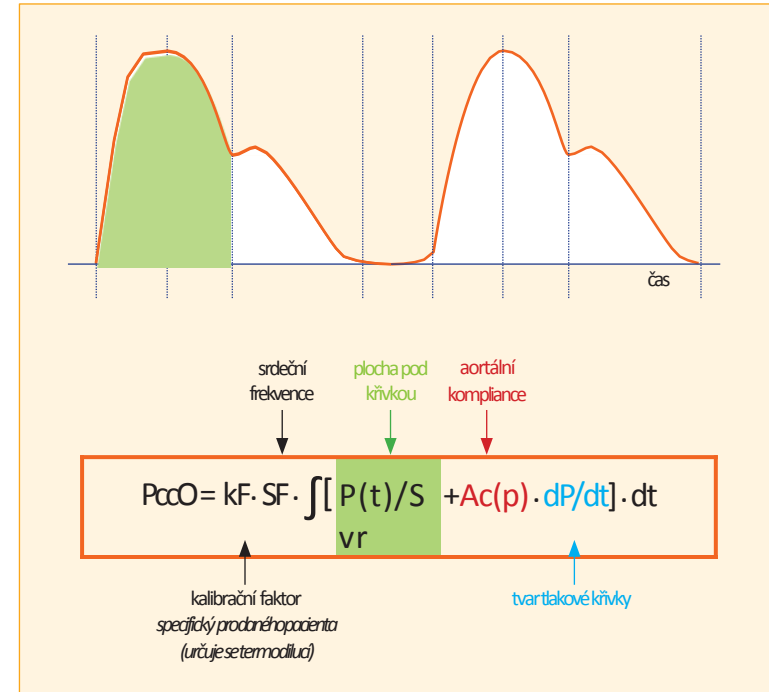


- Není validováno pro šokové stavy
- Systémy s vnitřní kalibrací

Analýza arteriální tlakové křivky: CO

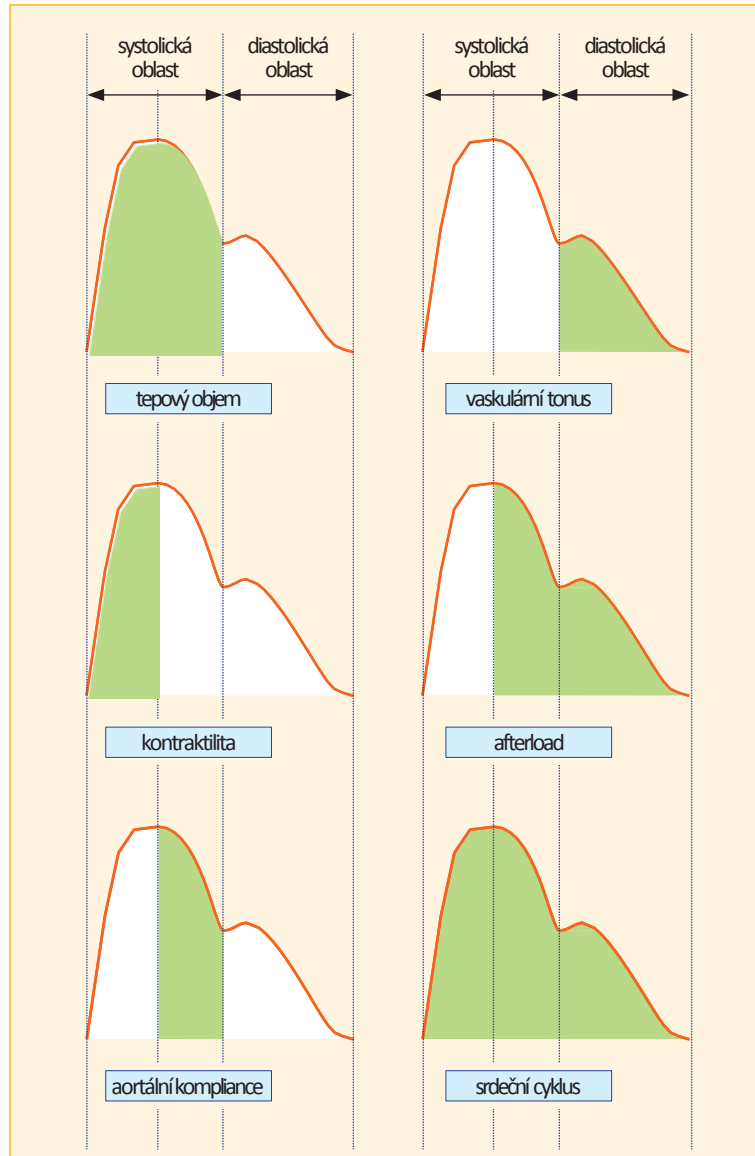


Ošťádal & Rokyta 2020

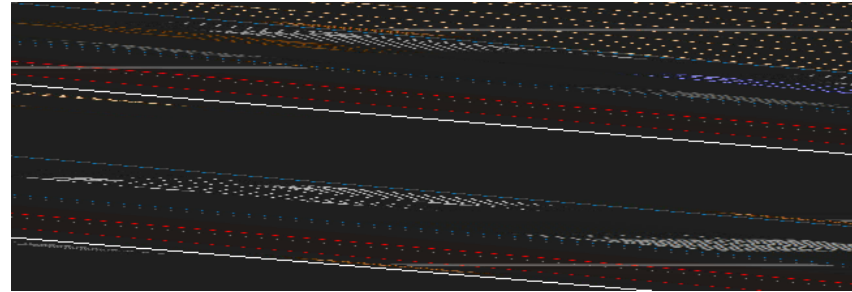


Ošťádal & Rokyta 2020

Analýza arteriální tlakové křivky



Ošťádal & Rokyta 2020

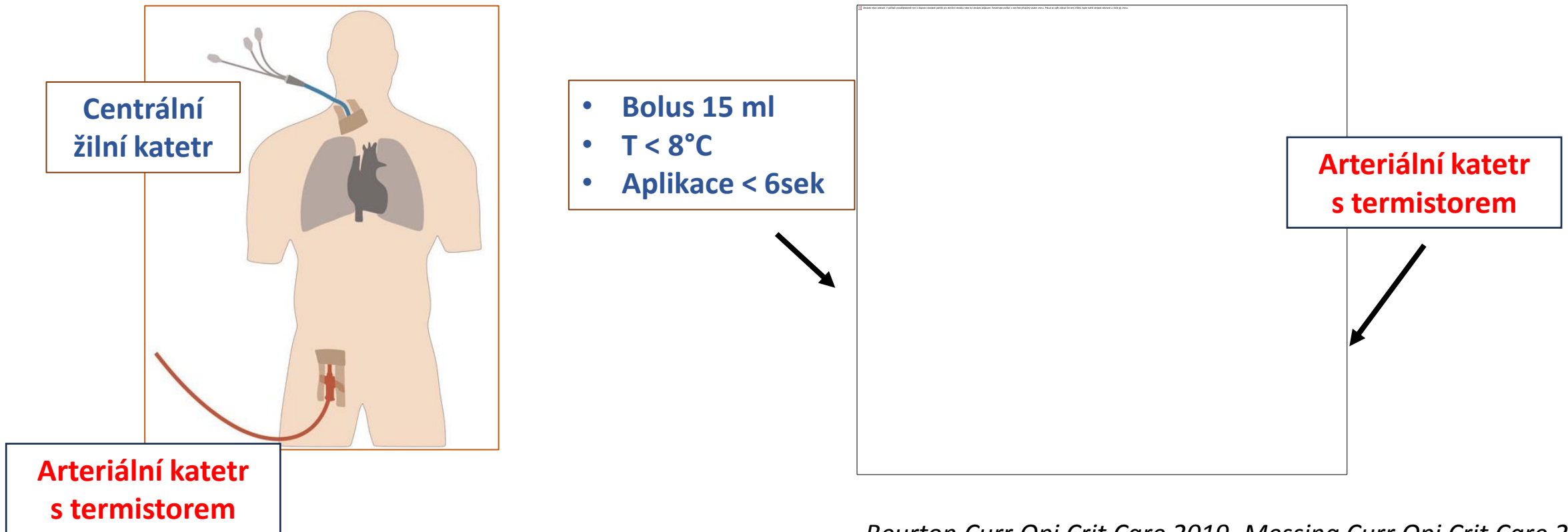


- Arteriální tlak
- Srdeční výdej (CO)
- Preload (SVV, PPV)
- Afterload (E_A)
- Kontraktilita (dP/dt_{max})

Transpulmonální termodiluce (TPTD)

Intermitentně měří CO analýzou křivky zaznamenané na distálním konci arteriálního katetru po aplikaci chladného bolusu FR do venozní cirkulace (stejný princip jako u PAC)

Provedené měření umožní kalibraci kontury pulzní vlny a následnou kontinuální monitoraci CO v reálném čase pomocí PWA

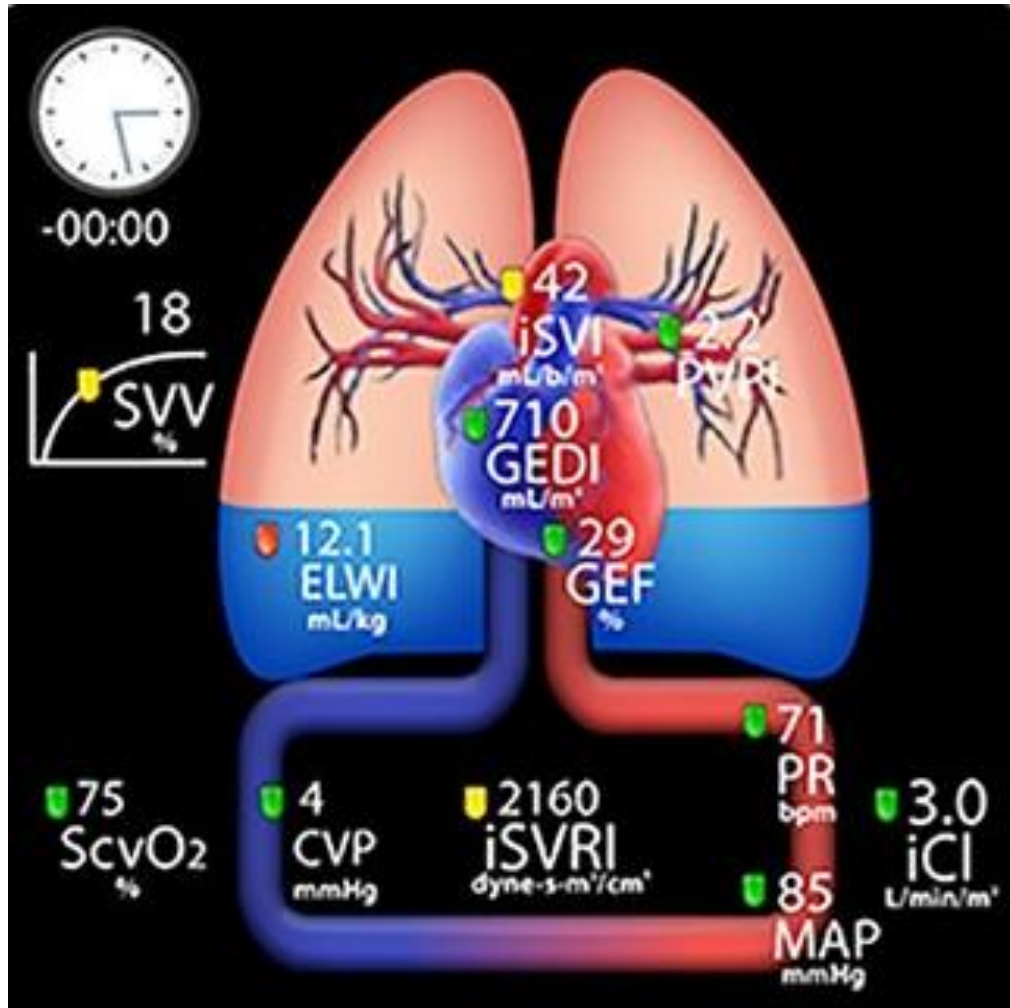


Transpulmonální termodiluce (TPTD)

- TPTD poskytuje kromě monitorace Co i hodnocení dalších parametrů, využitelných zvláště u ARDS, včetně:

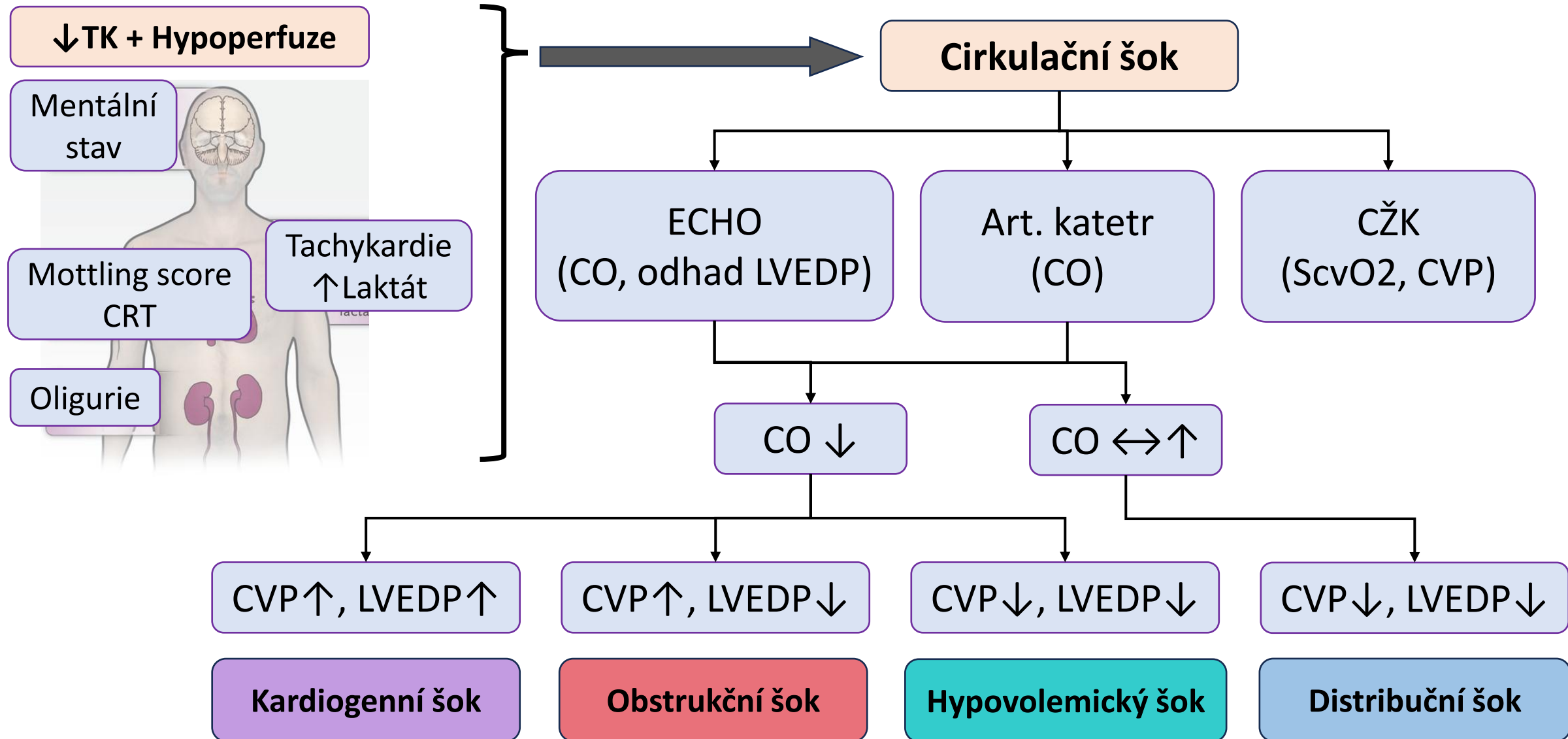
Extravascular lung water
(norma <10mL/kg)

Pulmonary vascular permeability index
(norma <3)



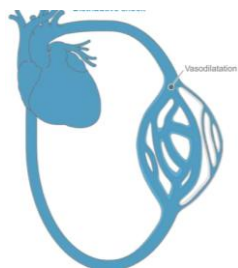
Edwards

Algoritmus hemodynamické monitorace u pacienta v cirkulačním šoku



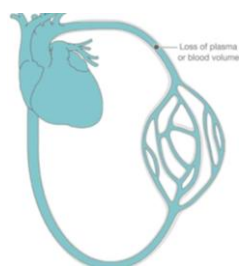
Kontinuální monitorace CO u pacienta v cirkulačním šoku

1. Typ a fáze šoku
2. Odpověď na iniciální léčbu
3. Terapie: objem, inotropika, vazopresory, mechanické podpory



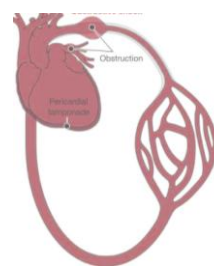
Distribuční šok

PWA



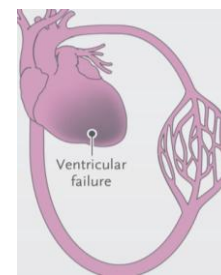
Hypovolemický šok

PWA



Obstrukční šok

PWA



Kardiogenní šok

PAC

ARDS

**TMTD
(+PWA)**

Dysfunkce RV

Děkuji za pozornost