

NASTAVENÍ PRŮTOKŮ, OXYGENACE



Doc. MUDr. Michal Pazderník, PhD., FESC
Klinika kardiologie IKEM

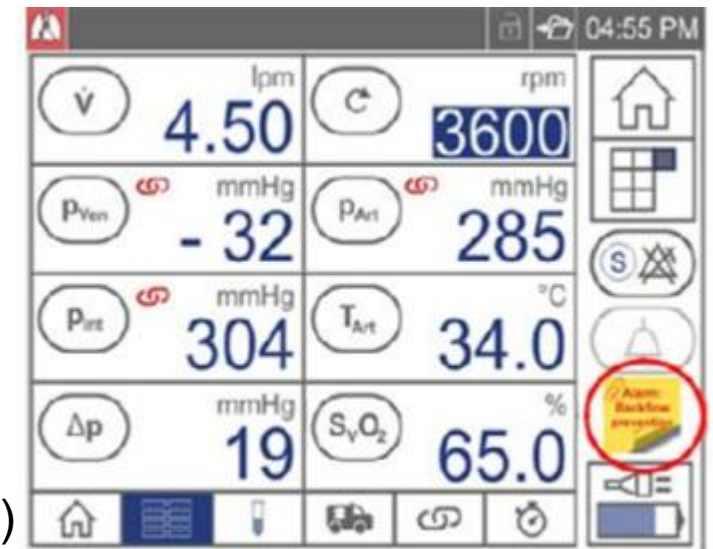
Průtok ECMO

Průtok krve při VA ECMO

- RPM => Průtok l/min

Obvyklé cíle:

- Selhání levé komory nebo obou komor: ~80 % srdečního výdeje (~4–5 l/min)
- Zajistěte adekvátní střední arteriální tlak (MAP) a systémovou perfuzi
- Optimální MAP se mezi pacienty liší (neexistuje jedna univerzální hodnota)
- Cílem je MAP 65–80 mmHg



Příliš nízký průtok VA ECMO

□ 1. Nedostatečná systémová perfuze

=> **Hypotenze** (nízký MAP)

=> **Hypoperfuze orgánů** (ledviny, mozek, játra)

=> **Laktátová acidóza**

□ 2. Riziko tvorby trombů v okruhu

- Při nízkém průtoku je **nízká rychlost toku krve** → zvyšuje se **riziko stagnace a koagulace v oxygenátoru**

=> **Trombóza oxygenátoru nebo čerpadla**

=> **Embolizace po dekanylaci nebo při restartu flow**

□ *Doporučuje udržovat minimální flow obvykle 2–2,5 l/min*

□ 3. Nedostatečná oxygenace a odstranění CO₂

- Nízký průtok snižuje **objem krve procházející oxygenátorem**, a tím:

=> Klesá **dodávka kyslíku (DO₂)**

=> Zhoršuje se **odstranění CO₂** (pokud sweep gas nekompenzuje)

=> Může dojít ke kombinované **hypoxémii a hyperkapnii**

□ 4. Riziko vzniku „Harlequin“ syndromu (North–South syndromu)

- Pokud je flow VA ECMO nízký, tak v případě akutního poškození funkce plic **nativní (deoxygenovaná) krev může perfundovat horní polovinu těla**, zatímco ECMO krev perfunduje jen dolní část.

=> **mozek a koronární oběh dostávají hypoxickou krev.**

Příliš vysoký průtok VA ECMO

☐ 1. Zvýšení afterloadu levé komory

- Vysoký průtok ECMO zvyšuje **systémový arteriální tlak**, a tím i **afterload LK**

=> **Dilatace LK** (LK se obtížně vyprazdňuje proti vysokému odporu).

=> **Zvýšení end-diastolického tlaku v LK**

→ zvýšení plicního tlaku a plicní kongesce (plicní edém).

→ snížení koronární perfuze (dTK – LVEDP) – ischemie, arytmie

=> **Aortální chlopeč zůstává zavřená** → krev stagnuje v levé komoře → riziko **tvorby trombů**.

☐ 2. Riziko hemolýzy a mechanického poškození

- Vysoký průtok znamená **vyšší rychlost rotace čerpadla (RPM)** a zvýšené **shear stress** v systému.

=> **Hemolýza** (rozpad erytrocytů → zvýšení volného Hb, poškození ledvin).

=> **Mechanické poškození membrány oxygenátoru** a zkrácení jeho životnosti.

☐ 3. Zhoršení funkce Impelly

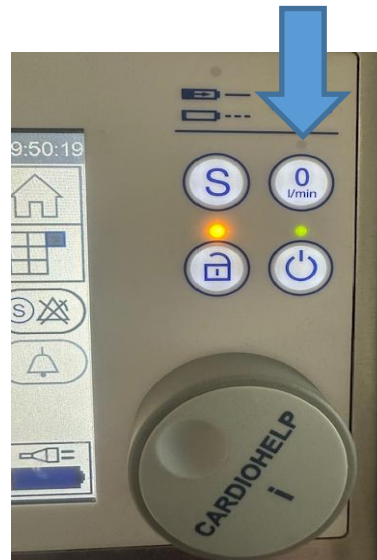
- Impella je preload dependentní MSP (**přisávání**)

☐ 4. Neefektivní oxygenace při vysokém flow

- Při velmi vysokém průtoku může dojít k **zkrácení kontaktního času krve s membránou oxygenátoru**, což paradoxně **zhorší oxygenaci**.

Retrograde flow při nízkých otáčkách

U Cardiohelp existuje „**backflow prevention**“ – pokud systém detekuje tok v opačném směru, po cca 6 s spustí automatické režimy jako “zero flow mode” (vlastní CO vs. ECMO flow).



Dodávka kyslíku na ECMU (oxygenace)

FiO₂ na VA-ECMO (gas blender)

- Většinou začínáme na 80-100 %
- Nesnižujeme < 60 %

Jaké hodnoty sledujeme při titraci FiO₂?

- PaO₂ z pravé a. radialis (perfuzní zóna mozku)
- SvO₂ (cílová 65–70 %)
- Saturace na INVOS (NIRS) – mozek a periférie
- Laktát
- PaO₂ (odběr post-oxygenátor)
 - FiO₂ se upravuje tak, aby bylo dosaženo mírné hyperoxemie (PaO₂ ~30 mmHg za oxygenátorem).
 - Na rozdíl od VV ECMO je krev dodávána přímo do systémové cirkulace – **hrozí hyperoxie tkání.**

Riziko hyperoxie v systémové cirkulaci:

- ↑ tvorba reaktivních forem kyslíku (ROS) → oxidativní poškození endotelu a mitochondrií
- Vazokonstrikce koronární i cerebrální mikrocirkulace → zhoršení dodávky kyslíku do buněk navzdory vysokému PaO₂
- Zhoršení reperfučního poškození po KPR nebo kardiogenním šoku
- Zvýšené riziko neurologického poškození (zejména po resuscitaci)



Harlequin syndrom ?

(North-South syndrome)

1) Při respiračním selhání u pacientů na VA ECMO

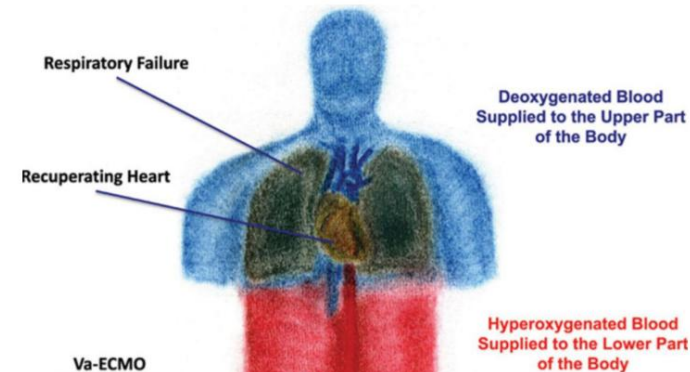
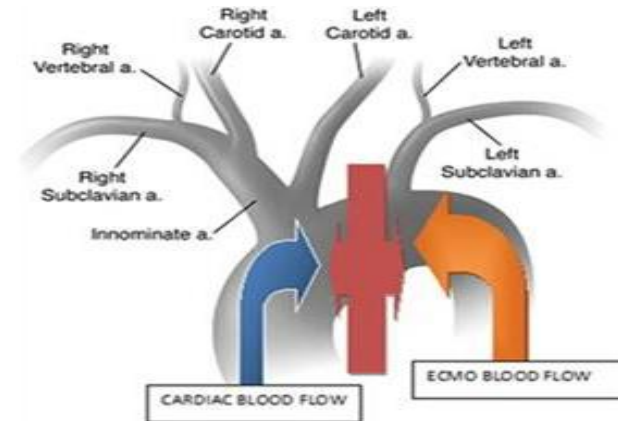
- plicní edém, ARDS

+

2) Recovery funkce LK



- Špatně oxygenovaná krev proudí do koronárních tepen a mozku
- Zvýšit podporu ventilátoru či zvážit V-AV ECMO

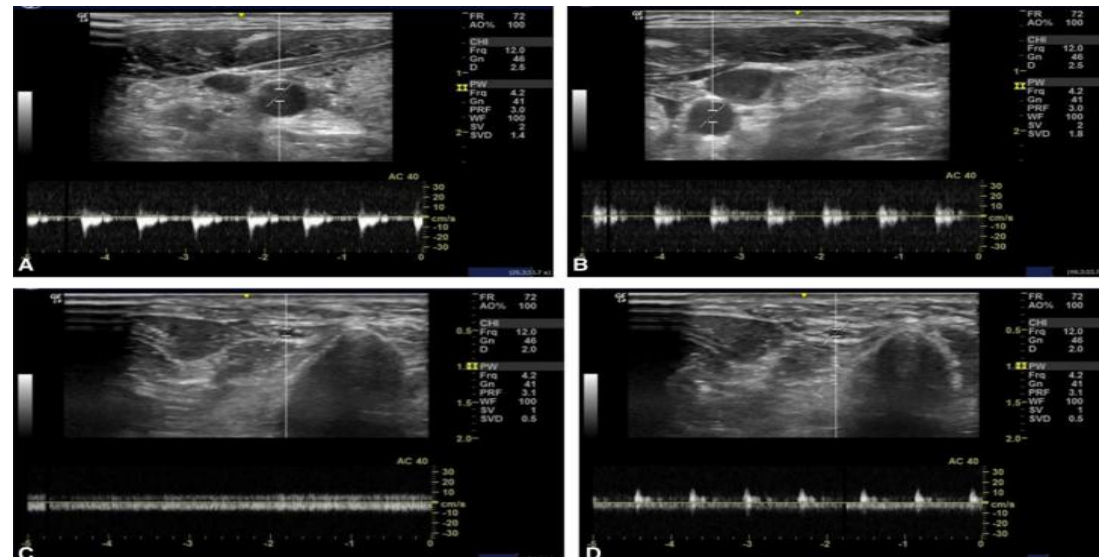
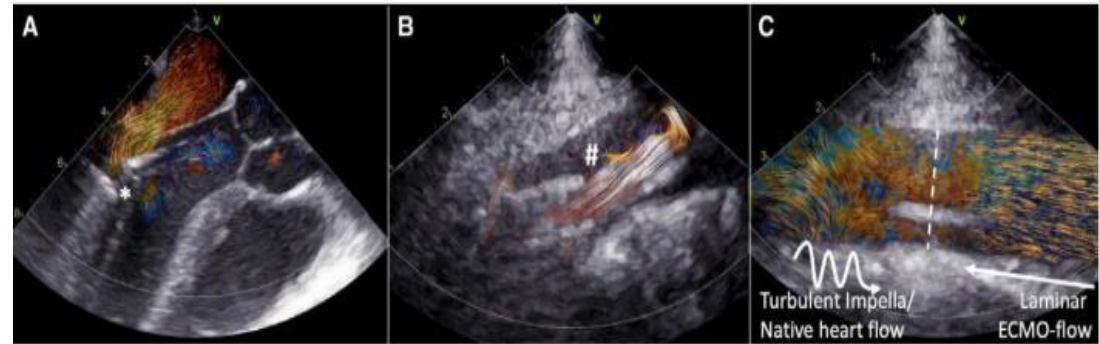


Diagnostika

- NIRS (Hlava, DK)
- Pravostranná kanylace arteria radialis
 - truncus brachiocephalicus může být potencionálně zásobován špatně okysličenou krví ze srdce
- Levostranná a. radialis

Diagnostika watershed area:

- Blood speckle imaging
- UZ karotid/radiálních tepen



L'Hoyes W, et al. Blood Speckle Imaging in Critical Care: A New Tool in Mechanical Circulatory Support Management. Circ Heart Fail. 2024 Mar;17(3):e010697.

Gan J, et al. Feasibility of watershed detection by point-of-care ultrasound in patients receiving bifemoral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: A prospective observational study. JTCVS Tech. 2023 Jun 11;20:111-115.

ECMO a odstraňování CO₂ (ventilace)

Průtok „sweep“ plynu

- Typický rozsah: 1–9 l/min.
- Sweep ovlivňuje eliminaci CO₂, nikoli oxygenaci (pokud není velmi nízký <0,5 l/min).

Počáteční sweep a řízení pCO₂:

- Počáteční sweep se obvykle nastavuje na ~50–100 % průtoku ECMO.



Impella portfolio v ČR



Impella CP Smart Assist

- Průtok 4.3 l/min.
- Katetr 9F, pumpa 14F



Impella 5.5

- Průtok 5.5 l/min.
- Katetr 9F,
- pumpa 21F



Impella RP

- Průtok 4.4 l/min.
- Katetr 11F, pumpa 22F



Automatizovaný Impella kontrolér

- Uživatelské rozhraní
- Záložní zdroj
- Proplach katetru

Impella flow

Impella má být zahájena na vyšších výkonech (P8–P9), aby bylo dosaženo hemodynamických cílů:

- MAP 65–75 mmHg
- Srdeční index (CI) $>2,1$ l/min/m²
- SvO₂ >50 – 60 %
- PAPI >2 (v případě sekundárního postižení při dysfunkci LK)

Adekvátnost perfuze se hodnotí **multimodálně** - CO, SvO₂, laktát, orgánové funkce.

Sledovat i funkci PK - zlepšení funkce (↑ koronární perfuze) **vs. zhoršení funkce** (↑ preload, septal shift).

Vysoké flow na Impelle

Rychlé zvýšení srdečního výdeje (CO, CI).

Zlepšení perfuze orgánů, snížení laktátu.

Efektivní vyprázdnění levé komory – snížení LVEDP, LVEDV, PCWP, plicní kongesce.

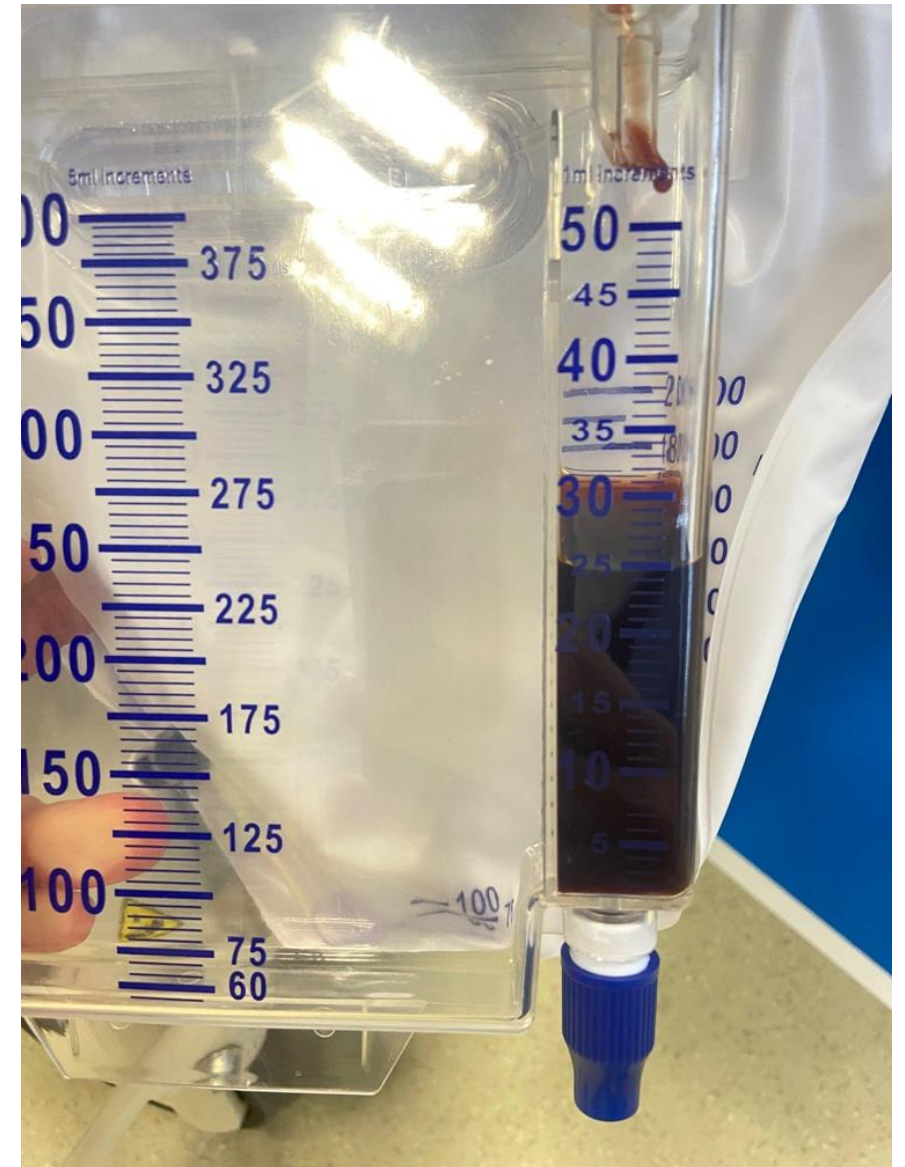
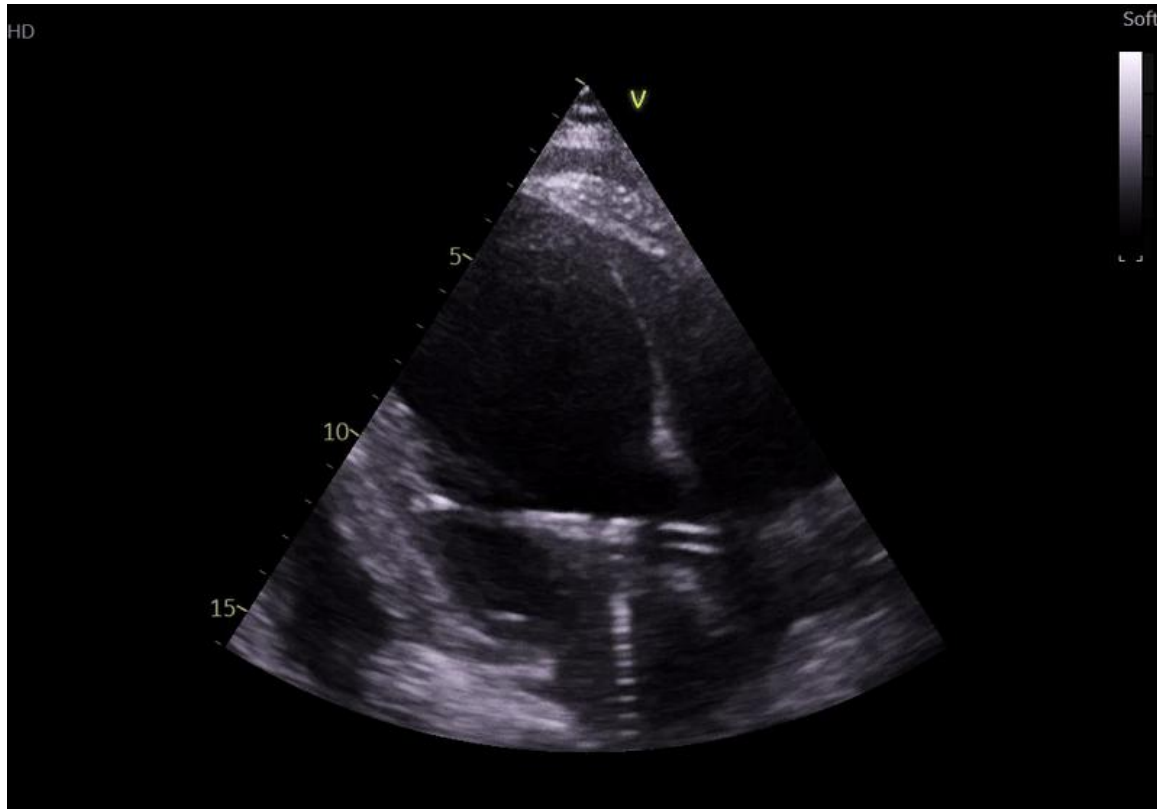
Epizody sukce

vs.

Hemolýza (shear stress při vysokých otáčkách)

Arytmie (v důsledku sání a nestability pozice)

Suboptimální pozice Impelly



Nízké flow na Impelle

Nižší riziko sukci.

Nižší riziko hemolýzy.

Možnost posoudit nativní funkci srdce při weaningu.

vs.

Nedostatečný unloading LK.

Nedostatečná systémová perfuze.

Nízký průtok krve=> trombóza

CAVE: nikdy nejít pod P2!



Ecpella (kombinace ECMO + Impella)

Průtok **ECMO** se udržuje na **dostatečné úrovni** (nebo se zvyšuje) s cílem zabránění hypoperfuze a hypoxie.

Impella se zahajuje na **nižších P** jako „LV vent“.

Cíle:

1. Střední tlak > 65-70 mmHg
2. Smíšená žilní saturace (SvO_2) > 60 % (nejlépe > 65 %)
3. Klesající trend sérového laktátu

Pokud přetrvává hypotenze, je nutné **zvýšit průtok ECMO** - CAVE **dostatečný preload pro Impellu (sukce)**.

Při **zvýšeném PCWP nebo dilataci LK** se zvyšuje výkon Impelly nebo se upravuje objem (diuretika).

S ústupem orgánové dysfunkce a zlepšením oxygenace se **snižuje průtok ECMO (weaning)** a **zvyšuje se průtok Impellou**.



Česká asociace
akutní kardiologie

23. KONFERENCE ČESKÉ ASOCIACE AKUTNÍ KARDIOLOGIE

HOTEL THERMAL, KARLOVY VARY
30. listopadu – 2. prosince 2025

