

NASTAVENÍ PRŮTOKŮ, OXYGENACE



Michal Pazderník

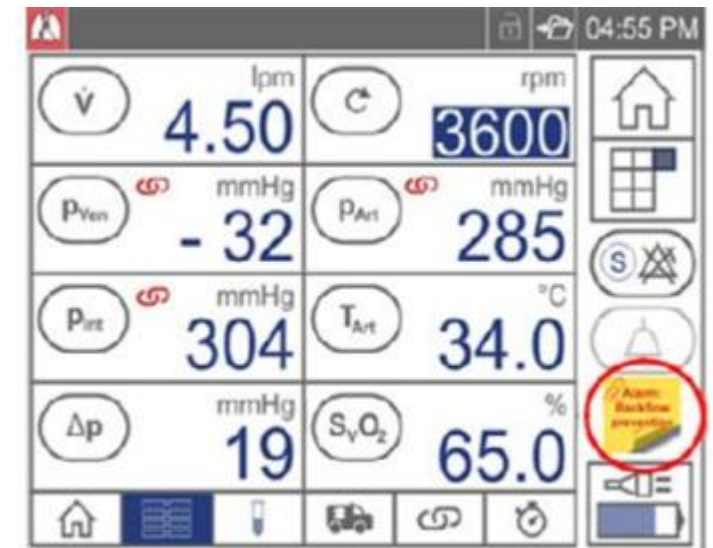
Průtok ECMO

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
 - Nedostatečný MAP může způsobit hypoperfuzi a akutní orgánové poškození



Příliš vysoký průtok VA ECMO

1. Zvýšení afterloadu levé komory

- Vysoký průtok ECMO zvyšuje **systemový 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 (**přísávání**).

4. Neefektivní oxygenace při vysokém flow

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

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 nekompensuje)

=> **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.**

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 %
- Většinou nechodíme < 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 reperfuze 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

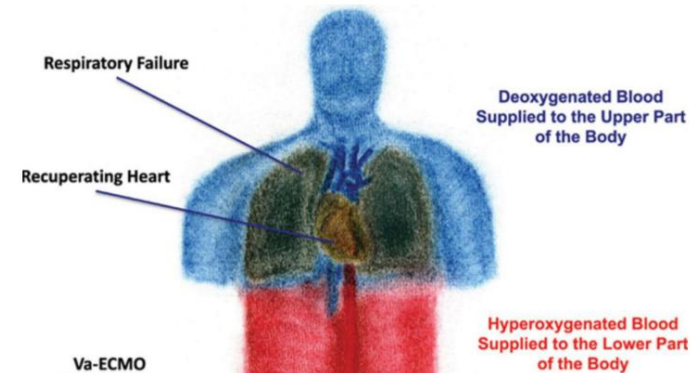
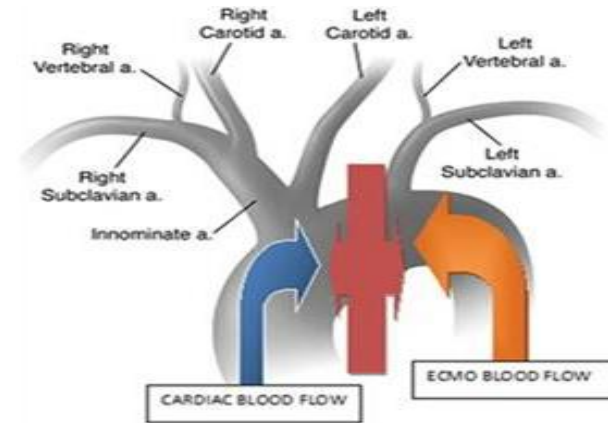
- plicní edém, ARDS

+

2) Recovery funkce LK

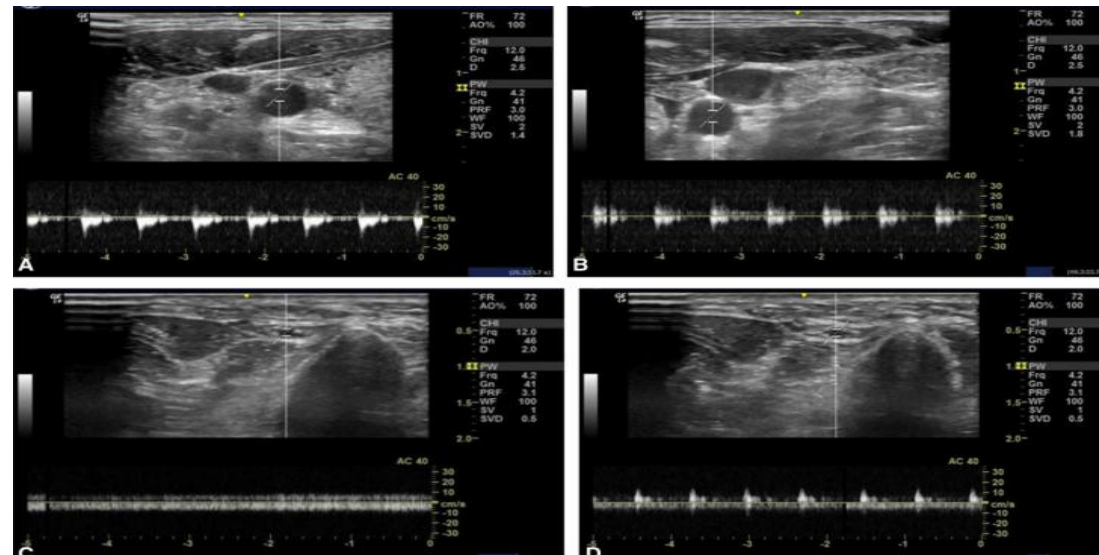
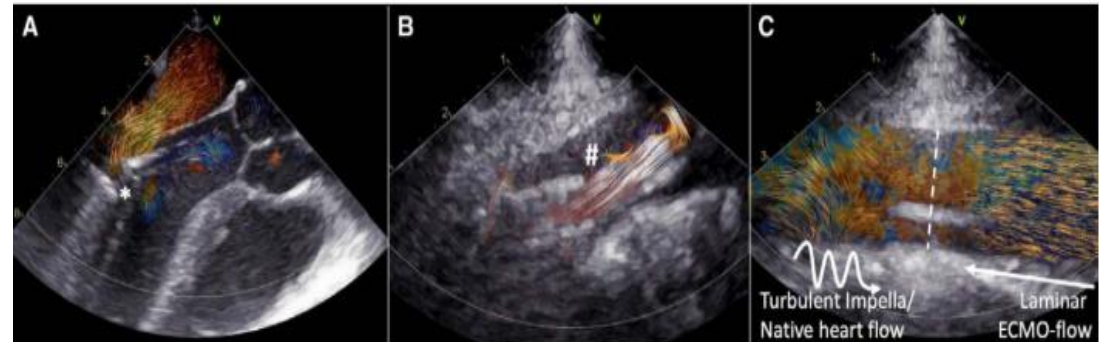


- Špatně oxygenovaná krev proudí do koronárních tepen a mozku
- Zvýšit podporu ventilátoru či zvážit V-AV ECMO



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 & 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
- CPO $>0,6$ W
- 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.

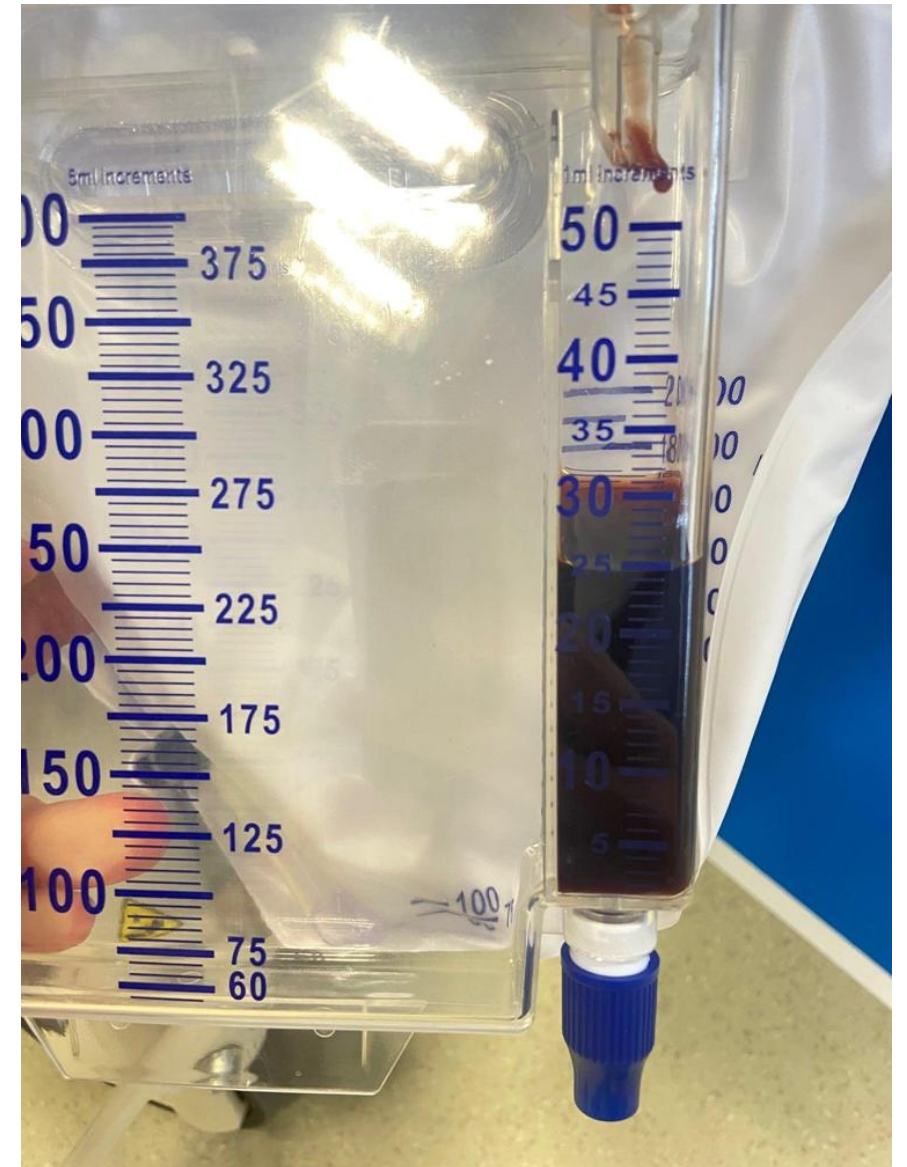
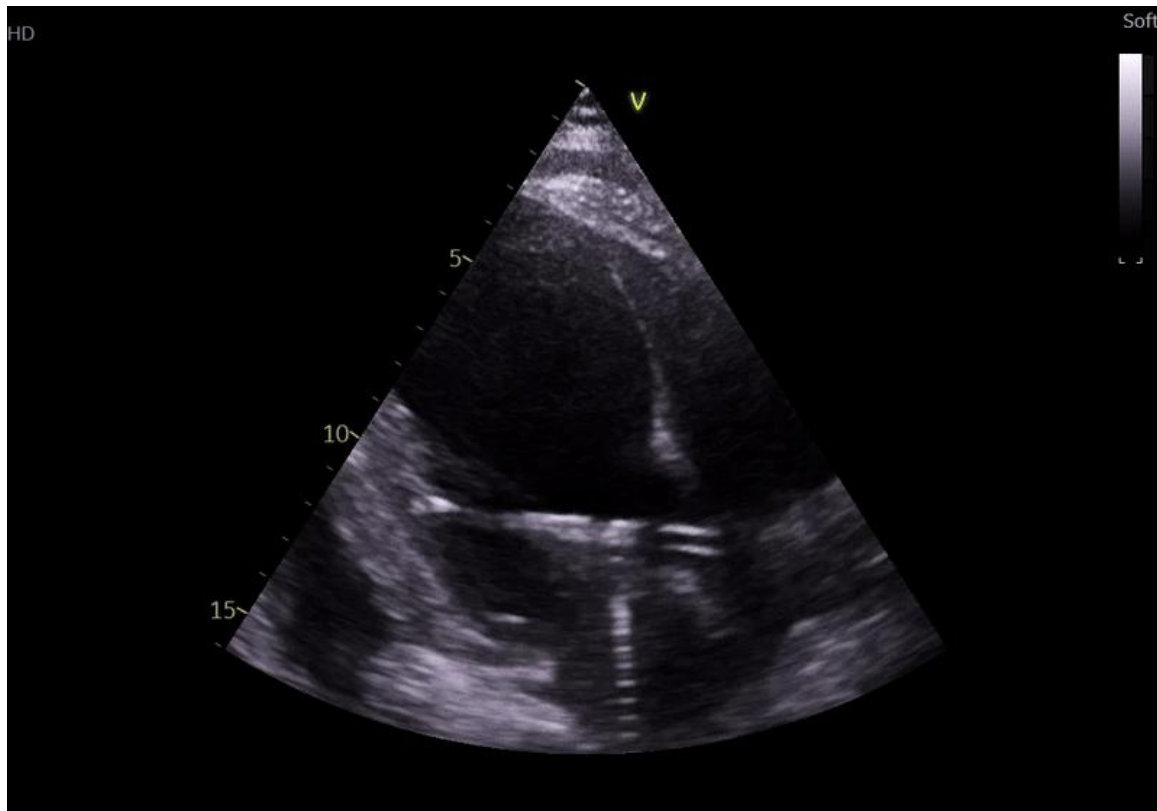
Epizody sukce

vs.

Hemolýza (shear stress při vysokých otáčkách)

Arytmie (v důsledku sání a nestability pozice)

Suboptimální pozice Impelly



Nízké flow na Impelle

Nižší riziko sukci.

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 (SvO₂) > 60 % (nejlépe > 65 %)
3. Klesající trend sérového laktátu

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

Při zvýšeném tlaku v plicnici nebo **zvýšeném PCWP** 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**.



XXXIV.

**VÝROČNÍ SJEZD ČESKÉ
KARDIOLOGICKÉ SPOLEČNOSTI**

