

Šokové stavy

(anebo přístup k pacientovi s oběhovým selháním)

MUDr. Traj Rudolf



Proč se zaujímat?

- dysfunkce krevního oběhu **je velice častá na ICU**
- její nejzávažnější manifestace „**cirkulační šok**“ se vyskytují u 1/3 pacientův přijímaných na ICU
- jedná z **nejdůležitějších příčin časně smrti** pacientů na ICU
- včasné **rozpoznání a léčba jsou vitálně důležité**, aby se předešlo tkáňovému poškození s následným rozvojem MODS



Definice

- **Oběhové dysfunkce/nestabilita**

- **porucha distribuce** krevního průtoku do tkání s následnou **poruchou zásobování** tkání kyslíkem

- **Cirkulační šok**

- nejzávažnější manifestace oběhové nestability
- život ohrožující **generalizovaná forma** oběhového selhání, která **vede ke tkáňové hypoperfuzi** a k **neadekvátnímu využití kyslíku** buňkami
- **stav nepoměru** dodávky kyslíku do tkání a jeho spotřeby
- výsledkem je **buněčná dysoxie** (porucha využití kyslíku v mitochondriích) s **anaerobním metabolismem a orgánovou dysfunkci**



Patofyziologie- od čeho závisí dostatečná tkáňová oxygenace?

- **Systemová dodávka kyslíku ($\overline{DO_2}$)**

- udává kolik kyslíku v mililitrech dopraví krevní oběh do systémové cirkulace za jednu minutu
- je definovaná dvěma základními parametry
 - srdeční výdej (CO)
 - obsah kyslíku v arteriální krvi ($\overline{CaO_2}$)

$$\overline{DO_2} = CO \times \overline{CaO_2}$$

- **Perfuzní tlak**

- tlak, pod kterým krev (či jiná tekutina) protéká určitou oblastí
- obecně jde o rozdíl mezi arteriálním a venózním tlakem v dané oblasti



Srdeční výdej (*Cardiac output - CO*)

- množství krve přečerpané srdcem za jednu minutu

$$CO = SV \times HR$$

- **Tepový objem** (*stroke volume- SV*)
 - objem krve vypuzen v jedné systole
 - je závislý na třech hemodynamických parametrech
 - **předtížení** (preload)
 - **kontraktilita**
 - **dotížení** (afterload)
- **Srdeční frekvence** (*heart rate- HR*)
 - počet srdečních stahů za minutu



Obsah kyslíku v arteriální krvi (*arterial oxygen content - CaO₂*)

- je daný množstvím kyslíku **transportovaného hemoglobinem** a kyslíkem rozpuštěným v plazmě (v praxi za normobarických podmínek je jeho podíl zanedbatelný)

$$CaO_2 = SaO_2 \times Hb \times 1,32$$

- **Saturace (*SaO₂*)**
 - podíl hemoglobinu, který je nasycen kyslíkem, vztaženo k celkovému hemoglobinu v krvi
- **Konstanta 1,32**
 - reflektuje fakt, že 1gram hemoglobinu je schopen vázat 1,35ml kyslíku
- **Hemoglobin (*Hb*)**



Perfuzní tlak/ Systémový tlak

- tlak, pod kterým krev (či jiná tekutina) protéká určitou oblastí
- u většiny orgánu je za fyziologických podmínek rovní tlakovému gradientu **mezi systémovým tlakem** a tlakem na venózním konci řečiště daného orgánu
 - orgány (zejména mozek a ledviny) udržují stálost perfuze **pomocí autoregulace**

$$MAP = CO \times SVR$$

- **Střední arteriální tlak** (*mean arterial pressure- MAP*)
- **Systémová vaskulární rezistence** (*SVR*)
 - protitlak vytvářený cévami vůči průtoku krve v nich



Typy šoku

- na základě patofyziologickým procesu rozlišujeme čtyři typy
 - hypovolemický šok
 - kardiogenní šok
 - obstrukční šok
 - distribuční šok
- rozdělení je pouze didaktické, jelikož se na výsledném obraze oběhového selhání málokdy podílí pouze jeden mechanismus
- je správnější uvádět, že na šoku se v různé míře mohou podílet čtyři patofyziologické mechanismy
 - hypovolemie, selhání funkce srdce, obstrukce cévního řečiště nebo maldistribuce krevního průtoku



Hypovolemický šok

- rozvíjí se v důsledku **poklesu celkového cirkulujícího objemu**
- patofyziologickým mechanismem je **pokles srdečního výdeje** na podkladě **poklesu preloadu**
- **příklady:**
 - hemoragický šok
 - hypovolémie jakékoli etiologie



Kardiogenní šok

- rozvíjí se v důsledku **selhání funkce srdce jako pumpy**
- patofyziologickým mechanismem je **snížení srdečního výdeje** ze vztahu:

$$CO = SV \times HR$$

- **příklady:**
 - ischemie (rozsáhlý AIM, ruptura papilárního svalu)
 - závažné chlopenní vady
 - kardiomyopatie, myokarditidy
 - arytmie
 - kombinace poruch



Obstrukční šok

- rozvíjí se v důsledku překážky **plnění či výtoku** krve ze srdce
- patofyziologickým mechanismem je **pokles srdečního výdeje** na podkladě **obstrukce velkých cév** nebo **srdce samotného**
- **příklady:**
 - obstrukce plicnice při plicní embolii
 - obstrukce dutých žil při tenzním pneumotoraxu
 - komprese srdce při tamponádě a výpotku



Distribuční šok

- rozvíjí se v důsledku **poruchy distribuce krevního průtoku** zejména prostřednictvím **dvou mechanismu**, které vedou **poklesu preloadu a snížení srdečního výdeje**
- **Vazodilatace**
 - pokles SVR na podkladu snížení tonu arteriol
 - relativní zvýšení objemu kapacitního řečiště
- **Zvýšená kapilární permeabilita**
 - únik tekutiny do intersticia
- **příklady:**
 - septický šok
 - anafylaktický šok
 - thyreotoxická či addisonská krize

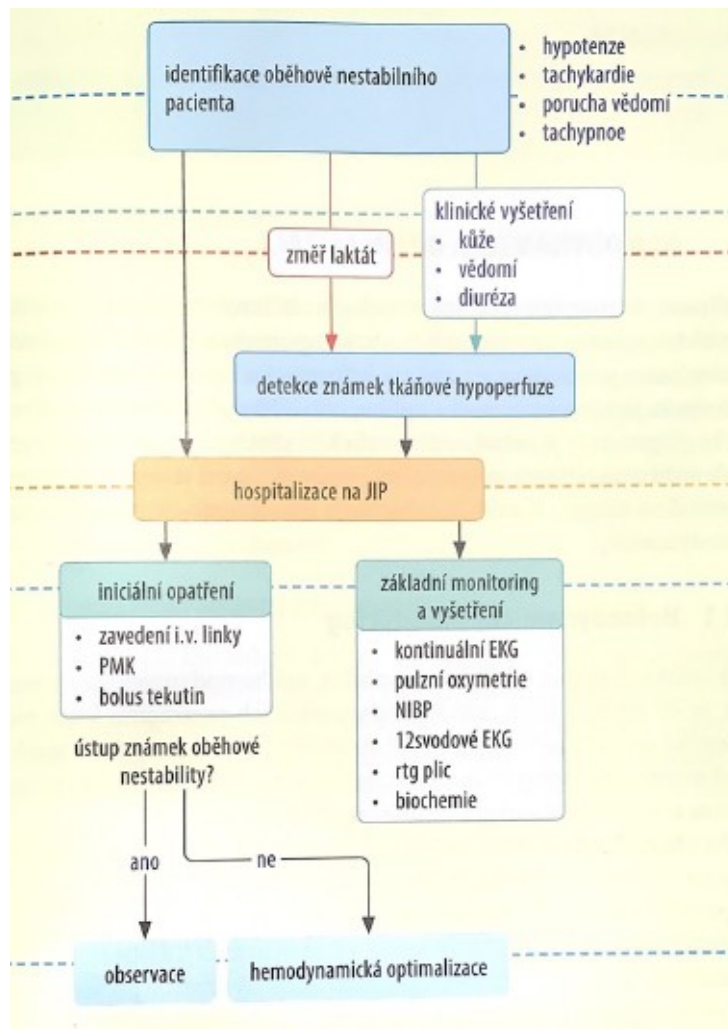


Identifikace oběhově nestabilního pacienta

- nejčastější známky oběhové dysfunkce
 - tachykardie, porucha vědomí, tachypnoe, hypotenze
- **klinické vyšetření** se zaměřením na známky orgánové hypoperfuzi, tzv. „**tři okna do organismu**“
 - **Kůže:** chladná, bledá, cyanotická nebo mramorovaná, kapilární návrat
 - **CNS:** porucha vědomí kvantitativní/kvalitativní
 - **Ledviny:** oligurie (pod 0,5ml/kg/h v trvání více než 6 hodin)
- výhodou je provedení **bed-side echokardiografie** k detekci závažných příčin oběhového selhání



Iniciální opatření a monitoring



zdroj: Intenzivní medicína v praxi, Jan Maláska, Jan Stašek, Milan Kratochvíl, Václav Zvoníček a kol., 2020, ISBN 978-80-7345-675-7.

Základní monitoring

- **Kontinuální snímání EKG**

- umožňuje včasnou detekci poruch srdečního rytmu

- **Pulzní oxymetrie**

- umožňuje detekci změny v saturaci hemoglobinu kyslíkem na periférii

- nemožnost měření je indikátor abnormální periferní perfuze

- **Neinvazivní měření krevního tlaku (NIBP)**

- hypotenze je jedním z nejčastějších (byť ne zcela nezbytných) projevů oběhové nestability

- krevní tlak je základní determinantou orgánového perfuzního tlaku



Základní vyšetření

- **Dvanáctisvodové EKG**

- přesná detekce eventuální arytmie/AIM

- **Laboratorní vyšetření**

- sérová hladina laktátu

- nejdůležitější známka anaerobního metabolismu při tkáňové hypoxii (ukazovatel přítomnosti šoku)
 - musí být co nejdříve vyšetřena u pacienta s podezřením oběhové nestability
 - opakované odběry při elevaci s cílem detekce progresu šoku, nebo monitorace odpovědi na léčbu

- ABR, vnitřní prostředí (ionty albumin), ledvinné testy (urea, kreatinin), jaterní testy, krevní obraz, koagulace, zánětlivé ukazatele (CRP, prokalcitonin, presepsin, IL-6)

- **Rentgenové vyšetření hrudníku**

- kongesce, fluidotorax, plicní patologie (atelektáza, infiltrace, pneumotorax)

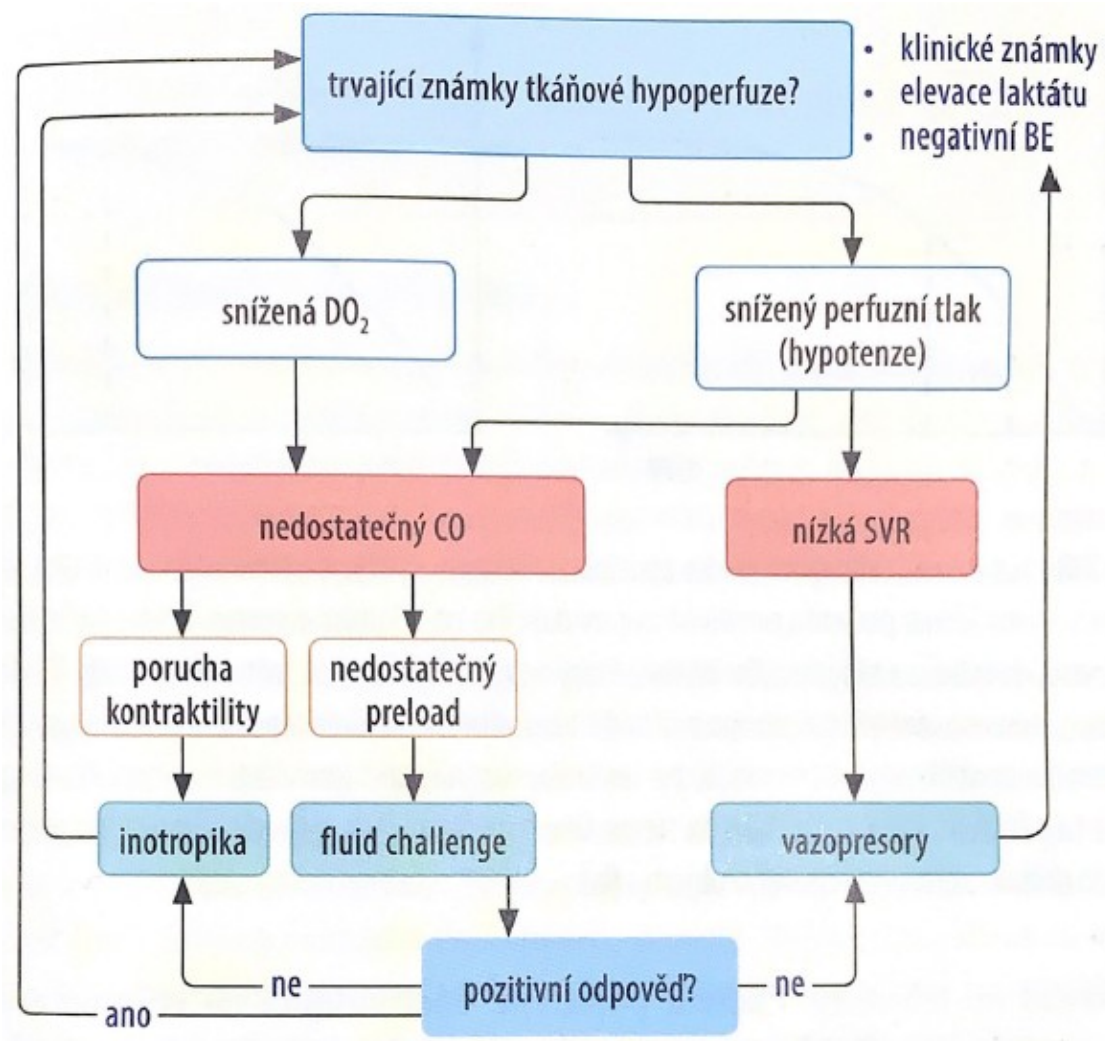


Iniciální opatření

- jedná se o základní intervence ke stabilizaci pacienta
 - **zavedení periferní intravenózní linky**
 - objemová resuscitace, aplikace intravenózní medikace
 - **bolus tekutin**
 - při klinických známkách hypovolemie a absenci známek srdeční insuficience
 - **zavedení permanentního močového katétru**
 - monitorace hodinové diurézy pacienta
- primárním cílem je zajistit dostatečnou orgánovou perfuze **obnovou perfuzního tlaku**
 - neváhat s aplikací vazopresorů, pokud po iniciálních opatřeních nedojde k dosažení MAP > 65 mmHg
 - vazopresory jsou integrální součástí iniciálních opatření při závažné hypotenzi
 - vazopresorem první volby je **Noradrenalin**
 - následná hemodynamická optimalizace závisí **na etiologii a patofyziologii** oběhového selhání



Hemodynamická optimalizace



zdroj: Intenzivní medicína v praxi, Jan Maláska, Jan Stašek, Milan Kratochvíl, Václav Zvoniček a kol., 2020, ISBN 978-80-7345-675-7.

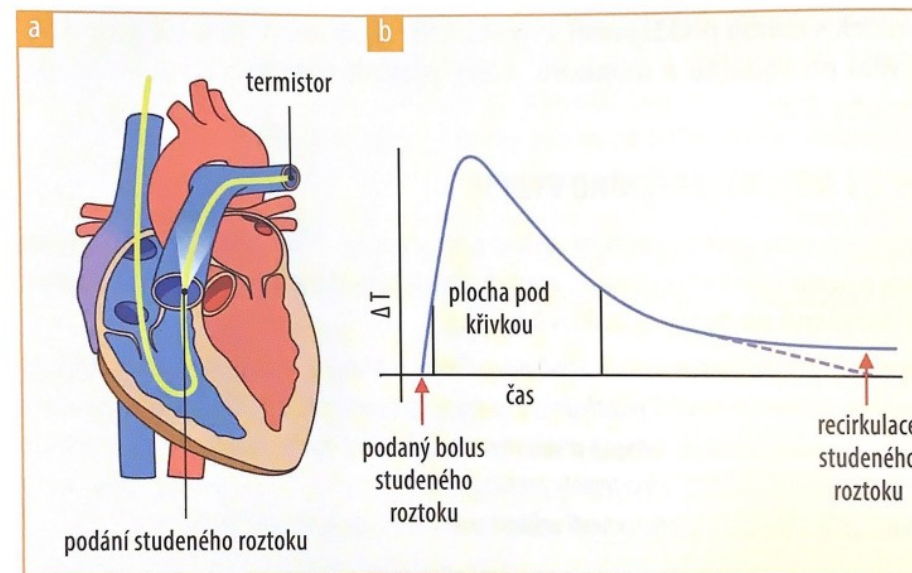
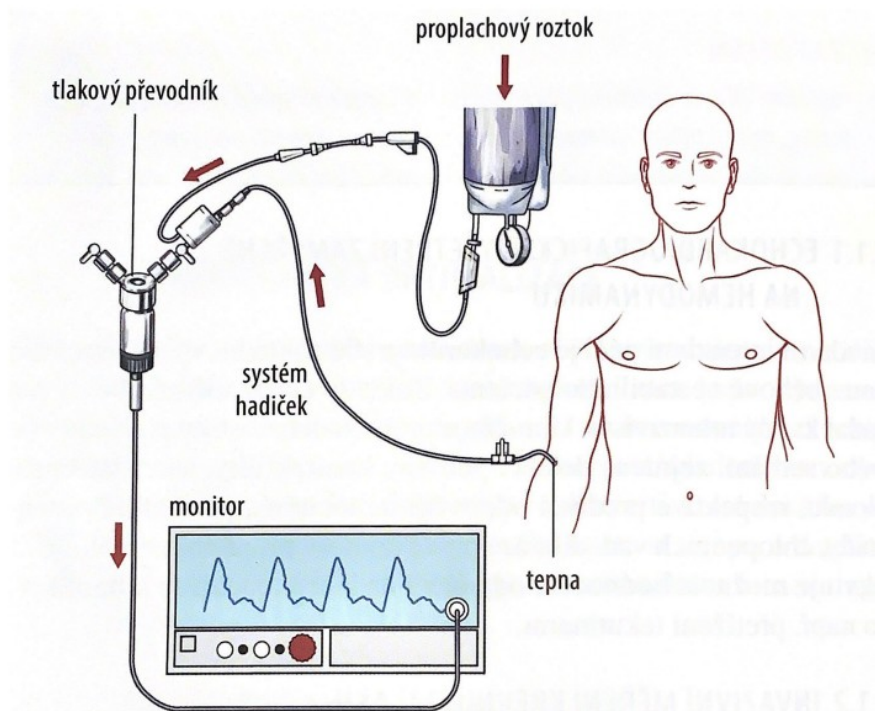


Hemodynamický monitoring

- cílem je **detekce klíčových hemodynamických parametrů**, které mají sloužit ke správné hemodynamické **optimalizaci** pacienta
- aplikují se v určité logické posloupnosti v závislosti na stavu pacienta a odpovědi na terapeutická opatření
 - základný monitoring
 - invazivní měření arteriálního tlaku
 - odhad preloadu a predikce odpovědi na tekutiny (*passive leg raising*) a vyšetření srdeční funkce (*ECHO*)
 - měření srdečního výdeje (*plicnicová termodiluce, transpulmonární diluce, analýza tlakové křivky*)



Hemodynamický monitoring



Obr. 7.5 Plicnicová termodiluce; a) po podání studeného roztoku přes lumen katetru s proximálním otvorem termistor na špičce katetru registruje změnu teploty protékající krve, b) křivka teplotní změny detekovaná termistorem; velikost plochy pod křivkou koreluje s velikostí průtoku – srdečního výdeje

zdroj: Intenzivní medicína v praxi, Jan Maláska, Jan Stašek, Milan Kratochvíl, Václav Zvoniček a kol., 2020, ISBN 978-80-7345-675-7.

Hemodynamická optimalizace- korekce srdečního výdeje

- **Korekce srdeční frekvence**
 - terapie bradyarytmii/tachyarytmii
- **Zvýšení tepového objemu**
 - **korekce preloadu**
 - volumoterapie prováděná formou předem definovaných tekutinových **bolusů balancovaných krystaloidu (tzv. tekutinová výzva)** za monitorace odezvy a potenciálního rozvoje komplikací (**tzv. přetížení tekutinami**- plicní edém, tkáňový edém, zhoršení orgánové funkce,..)
 - **korekce kontraktility**
 - pouze **v případě potvrzení nutnosti zvyšování kontraktility**, zejména použitím echokardiografie
 - ke zvýšení kontraktility slouží **inotropika** (Dobutamin, Levosimendan)
 - **korekce systémové cévní rezistence**
 - používáme **vazopresory** (Noradrenalin, Vazopresin)
 - u **těžce oběhově nestabilního pacienta nasazujeme ihned**, paralelně s probíhající diagnostikou a optimalizací srdečního výdeje



Tekutiny používané k volumoterapii

- intravenózní tekutiny jsou léčiva používaná k infuzní léčbě dehydratace, nebo k léčbě oběhové nestability kapilární stěnou
- na základě přítomnosti koloidních makromolekul rozlišujeme
 - **Krystaloidy**
 - **Koloidy**



Krystaloidy

- izotonické roztoky (mají podobnou osmolaritu jako plazma 275-299mosm/l) solí
- obsahují pouze malé molekuly, které lehce prochází kapilární stěnou
- distribuční objem se rovná **celkové extracelulární vodě**
 - intravaskulárně zůstává pouze část podaného objemu
- rozdělují se na:
 - **Nebalancované**
 - složením se významně odlišují od iontového složení plazmy
 - **0,9% NaCl**- jeho použití by mělo být rezervováno pro minimum klinických případů (např. hyponatremie)
 - použití při volumoterapii bude vést k hypernatremii, hyperchloremii a hyperchloremické metabolické acidóze
 - **Balancované**
 - složení se blíží iontovému složení plazmy, nevedou k tak výrazné hyperchloremii
 - obsahují organické anionty (např. acetát, laktát), které umožňují snížit koncentraci aniontů Cl^- v roztoku
 - Ringerfundin, Isolyte,..



Koloidy

- kromě fyziologické koncentrace iontů obsahují také **koloidní makromolekuly**, které na fyziologických podmínkách neprocházejí
- makromolekuly vedou k elevaci tzv. koloidního tlaku, který způsobuje, že **většina** podaného objemu **zůstává intravaskulárně**
 - při zvýšení permeability kapilár pronikají do intersticia a mohou vést k tzv. rebound fenoménu
- rozdělují se podle typu koloidních částic na:
 - **Přirozené koloidy**
 - **lidský albumin**- lze použít k volumoterapii zejména septického šoku
 - **Syntetické koloidy**
 - **roztoky škrobu (Voluven)**- iniciální volumoterapii hemoragického šoku (i tato role je zpochybňována)
 - CAVE: způsobují koagulopatie a indikci renálního poškození
 - **roztoky želatiny (Gelaspan)**- aktuálně jediná alternativa roztoků škrobu, jehož použití ustupuje do pozadí

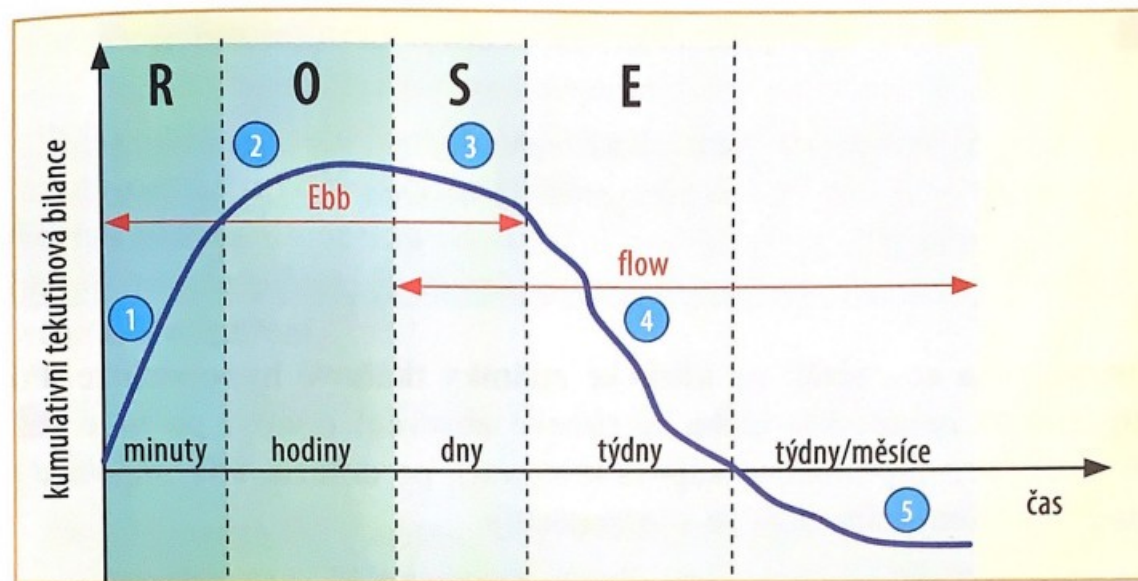


Stabilizace krevního oběhu

- hemodynamická optimalizace má probíhat do stabilizace oběhu
 - **klinické známky zlepšení tkáňové perfuze**
 - růžová kůže, kapilární návrat pod 2s, obnova/zlepšení orgánových funkcí (diuréza, vědomí)
 - **pokles hladiny laktátu, možnost snížení/stabilizace dávek vazopresorů a inotropik**
- i cílená a správné prováděná volumoterapie v rámci hemodynamické optimalizace, může vést k **výrazně pozitivní tekutinové bilanci** a vzniku intersticiálního edému
- po iniciální stabilizaci je nutno zaměřit se na **snížení a odstranění** přebytečných tekutin
 - při nedostatečné spontánní diuréze může být na místě použití diuretik



Stabilizace krevního oběhu



Obr. 7.10 Takzvaný ROSE model tekutinové resuscitace demonstrující kumulativní tekutinovou bilanci při léčbě šoku; poznámka: R – resuscitace, O – optimalizace, S – stabilizace, E – evakuace; po iniciální agresivní tekutinové resuscitaci (1) následuje fáze optimalizace za použití hemodynamického monitoringu (2). Po stabilizaci (3) a odeznění akutní – tzv. ebb – fáze šoku by měla následovat podobně agresivní deresuscitace a evakuace nadbytečných tekutin (4). V této fázi je potřeba vyvarovat se hypovolemii s orgánovou hypoperfuzí při příliš agresivní diuretické/eliminační terapii (5)

zdroj: Intenzivní medicína v praxi, Jan Maláska, Jan Stašek, Milan Kratochvíl, Václav Zvoniček a kol., 2020, ISBN 978-80-7345-675-7.

„ take – home message “

- pacient s podezřením na oběhovou nedostatečnost/selhání musí být **hospitalizován na ICU**
- máš-li k dispozici **echokardiografii**, využij ji již v iniciální fázi
- u každého pacienta s podezřením na oběhovou nedostatečnost/selhání musí být **vyšetřena hladina laktátu** a vyšetření je potřeba **opakovat** s cílem odpovědi na léčbu
- primárním cílem u oběhově nestabilního pacienta je obnova perfuzního tlaku, cílem je **MAP > 65 mmHg**



„ take – home message “

- pozitivní vliv na outcome pacienta nemá samotný hemodynamický monitoring, nýbrž pouze **intervence založené na změřených parametrech**
- většina lidí je za fyziologických podmínek **fluid responsive**
- při volumoterapie je nutno za každých okolností **zabránit přetížení tekutinami**
- je nevyhnutná **terapie vyvolávající příčiny**



Zdroje

- Intenzivní medicína v praxi, *Jan Maláska, Jan Stašek, Milan Kratochvíl, Václav Zvoníček a kol., 2020, ISBN 978-80-7345-675-7*
- Základní patofyziologické principy a propedeutika intenzivní péče, *František Duška a kol., Praha 2017*



ATTENTION

**THANK YOU FOR
YOUR ATTENTION**

