

Akutní renální selhání, eliminační techniky

MUDr. Eva Straževská



Klinika anesteziologie,
resuscitace a intenzivní medicíny
Fakultní nemocnice Brno
Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

Akutní renální selhání epidemiologie

- 5-7% všech hospitalizovaných pacientů
- 50% AKI na JIP – v rámci sepse a septického šoku
- Nemocniční mortalita 30 až 50% (více RRT-AKI)
- 5letá pravděpodobnost přežití cca 50%, z toho 5 až 25% na IHD

Silvester W, Bellomo R, Cole L: Crit Care Med, 2001

Morgera S et al: Am J Kidney Dis 2002

Palevsky PM: ATN study, NEJM 2008

Bellomo R: RENAL study, NEJM 2009

Wald et al: CCM 2014



KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury

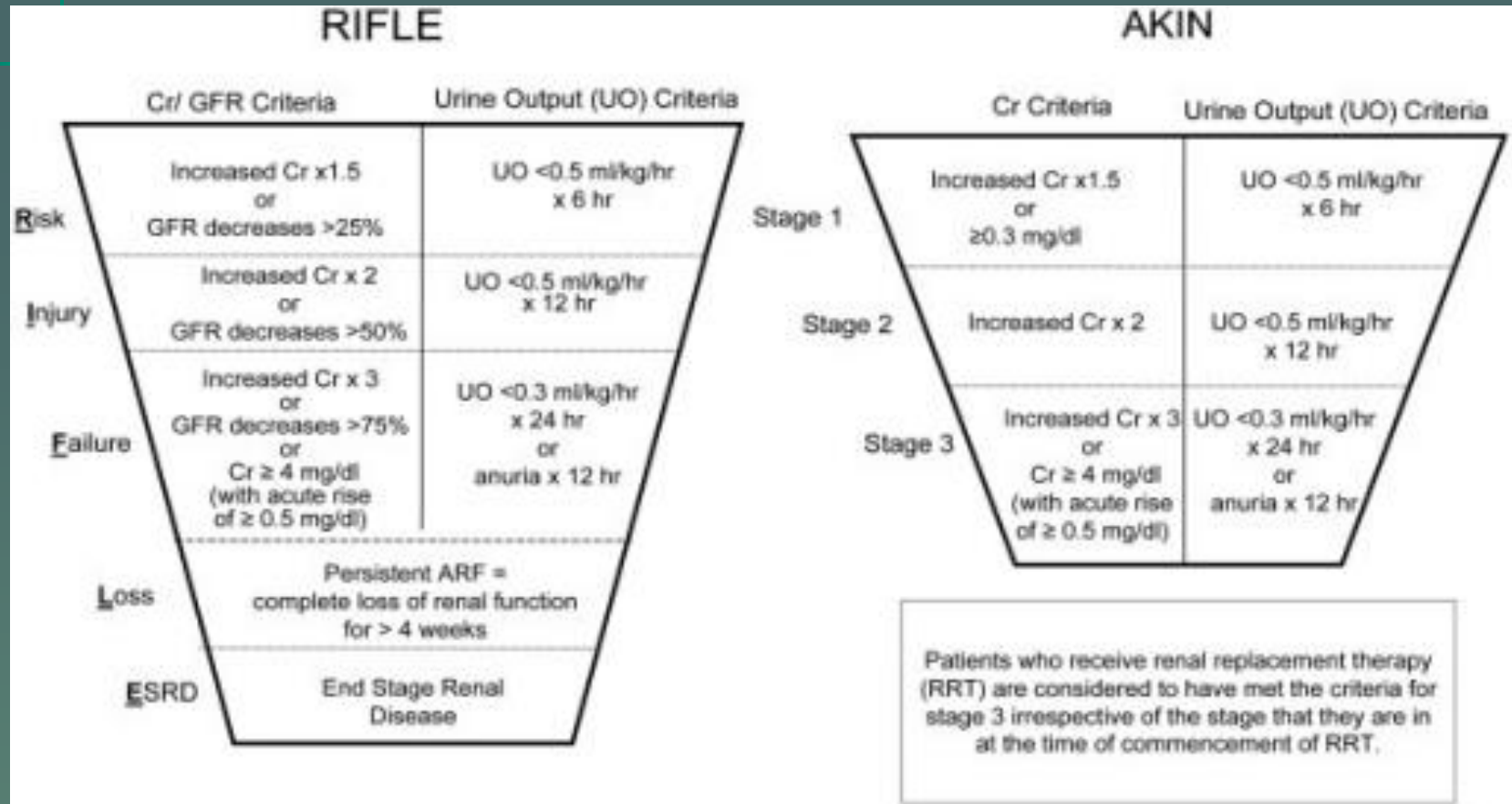
<http://kdigo.org/>

Akutní renální selhání definice AKIN

Acute Kidney Injury Network

- Náhlý a trvající pokles renálních funkcí
- Zvýšení hodnoty skreatininu o $\geq 0,3$ mg / dl ($\geq 26,5$ μ mol / l) během 48 hodin; nebo
- Zvýšení hodnoty skreatininu na x 1,5 násobek výchozí hodnoty, o které je známo nebo se předpokládá, že k ní došlo během předchozích 7 dnů; nebo
- Objem moči $<0,5$ ml / kg / h po dobu 6 hodin

Akutní renální selhání definice



Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group

Acute Kidney Injury Network

Akutní renální selhání

fyziologické minimum

- Produkce moči je funkcí glomerulární filtrace, tubulární sekrece a reabsorbce
- Glomerulární filtrace je závislá na renální perfúzi
- Renální perfúze je dána cirkulujícím objemem, srdečním výdejem a renálním perfuzním tlakem
- Renální perfúzní tlak je závislý na systémovém tlaku a renální vaskulární rezistenci

Krevní oběh v ledvinách

fyziologické minimum

- Sympatický nervový systém
- Noradrenalin, adrenalin, endotelin
- Angiotenzin II
- Oxid dusnatý
- Prostaglandiny, bradykinin
- Autoregulace při systémovém tlaku
80-180torr

Cílem regulace krevního oběhu v ledvinách je dosažení dostatečné glomerulární filtrace

Akutní renální selhání patofyziologie

- **Prerenální**

40% nozokomiálních, 70% komunitních

- **Renální** 10-50%

- **Postrenální** 10%

Patofyziologie renálního selhání

- **Prerenální**
- Hypovolemie (*hemoragie, volumová deplece*)
- Hypotenze (*kardiogenní šok, distribuční šok*)
- Sepsa (*relativní hypovolemie, toxický účinek mediátorů sepsy, endoteliální dysfunkce, aktivace koagulace*)
- Léky ovlivňující renální autoregulaci (*nesteroidní antiflogistika, ACEi*)

Patofyziologie renálního selhání

- **Renální** *glomerulus, tubulus, vaskulatura, intersticium*
- Glomerulonefritidy
- Systémové vaskulitidy
- Intersticiální nefritidy
- Tubulární poškození (ischemie, toxiny, metabolity, krystaly)
- Vaskulární (vaskulitidy, trombotická mikroangiopatie, trombóza)

Patofyziologie renálního selhání

- **Postrenální**

- **Vnitřní:**

- *Intraluminální – kámen, krevní sraženina*

- *Intramurální - striktura odvodných močových cest*

- **Vnější:**

- hypertrofie prostaty, malignita v pánvi, retroperitoneální fibróza*

Monitorace ledvinných funkcí

- **Cíl**
- Časná detekce poruchy
- Časný terapeutický zásah

- *Možnost definice*

Klinické a laboratorní známky

- Oligurie, anurie
- Iontové poruchy
- Retence dusíkatých látek
- Metabolická acidóza
- *Porucha produkce erythropoetinu*

Oligurie, anurie

- Pokles diurézy pod $0,5\text{ml/kg/h/6h}$???
- **Příčiny:**
 - Pokles glomerulární filtrace při snížené renální perfúzi nebo
 - Mechanická překážka odtoku moči

Oligurie, anurie

- Vyloučení obstrukce vývodných cest močových
- Vyhodnocení prerenálních příčin
- Vyhodnocení nitrobřišního tlaku
- Vyhodnocení možného toxického postižení

Monitorace ledvinných funkcí - laboratoř

- Urea
- Kreatinin
- Kalium
- pH

- *Fosfáty*
- *Na,Cl*

Monitorace ledvinných funkcí — glomerulární filtrace

- **Diuréza**
- **Clearance kreatininu**
- **Sérová koncentrace kreatininu**
(dynamika)
- **Cystatin C**

Monitorace ledvinných funkcí – tubulární funkce

- **Koncentrační schopnost :**
 - Osmolalita moči
 - Poměr osmolality moči a plasmy
- Vylučování natria
- **Diuréza**

Rizikové faktory renálního selhání

- Preexistující renální dysfunkce
- Pokročilý věk
- Kardiální dysfunkce
- Diabetes mellitus
- Sepse
- Jaterní selhání
- Crush syndrom
- Nefrotoxická farmaka

Rizikové faktory renálního selhání

- Operace s mimotělním oběhem
- Operace se zaklemovanou aortou
- Zvýšení nitrobřišního tlaku
- Radiokontrastní látky
- Mnohočetná embolizace
- Transplantace ledvin
- Transplantace jater

Prevence akutního selhání ledvin prerenální etiologie

- 100% spolehlivý způsob neexistuje
- Adekvátní hydratace/volemie
- Udržení diurézy 0,5-1ml/kg/h
- Adekvátní systémový krevní tlak (*MAP 65torr, 75-80torr hypertonici ?*)
- Vyhnout se nefrotoxickým látkám
- *Před podáním kontrastní látky zvážit podání N-Acetylcysteinu a bikarbonátu ???*

Prevence akutního selhání ledvin prerenální etiologie

- **Diuretika** *nedoporučeno*
- **Manitol** *nedoporučeno*
- **Dopamin** *nedoporučeno*
- **Natriuretické peptidy** *nedoporučeno*
- **Theophyllin** *nedoporučeno*
- **N-acetylcystein** *nedoporučeno*
- **Bikarbonát** *nedoporučeno*

Podpora/náhrada renálních funkcí

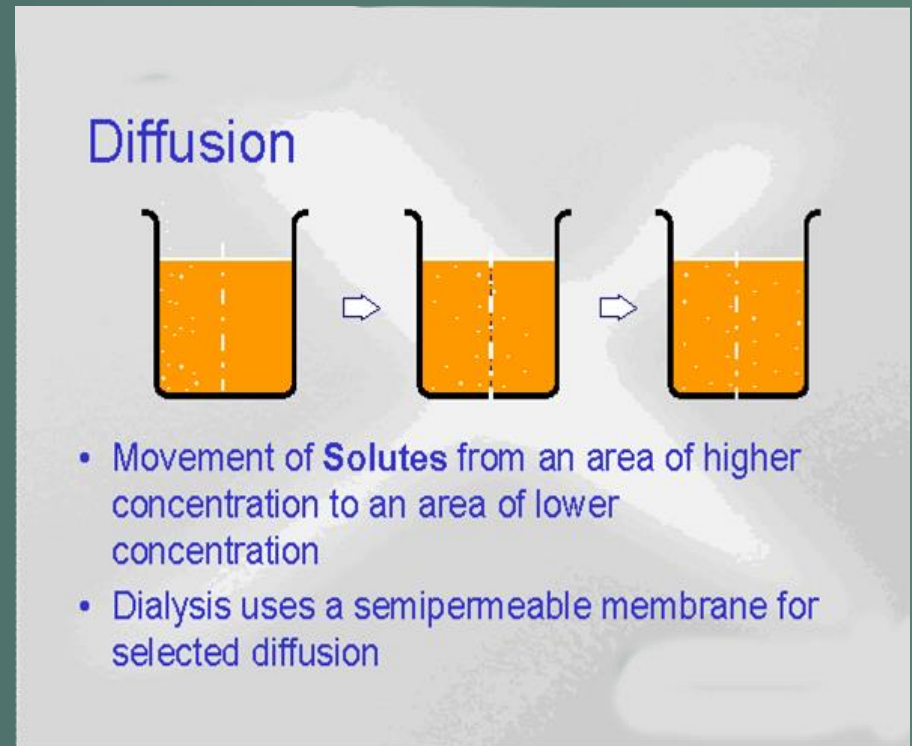
- **Kontinuální eliminační techniky**
(continuous renal replacement therapy - CRRT)
- **Intermitentní metody**
 - Intermitentní hemodialýza (IDH)
 - *Peritoneální dialýza*

Fyzikální principy RRT

- Difúze – pohyb rozpuštěných látek přes semipermeabilní membránu dle koncentračního gradientu
- Ultrafiltrace – separace plasmatické vody a v ní obsažených solutů od plné krve
- Konvekce – pohyby rozpuštěných látek spolu s rozpustidlem
- Adsorpce – *na membránu, event. do pórů*

Fyzikální principy očišťování

- **Difúze** – pohyb rozpuštěných látek přes semipermeabilní membránu dle koncentračního gradientu
- 1. Fickův zákon:
$$dn/dt = -D \times A \times (dc/dx)$$
- Závisí na - koncentračním gradientu
 - propustnosti membrány (velikost pórů, hydrofilní x hydrofobní)
 - velikosti plochy, na které probíhá
 - velikosti a náboji molekul (<500 Da)



Fyzikální principy očišťování

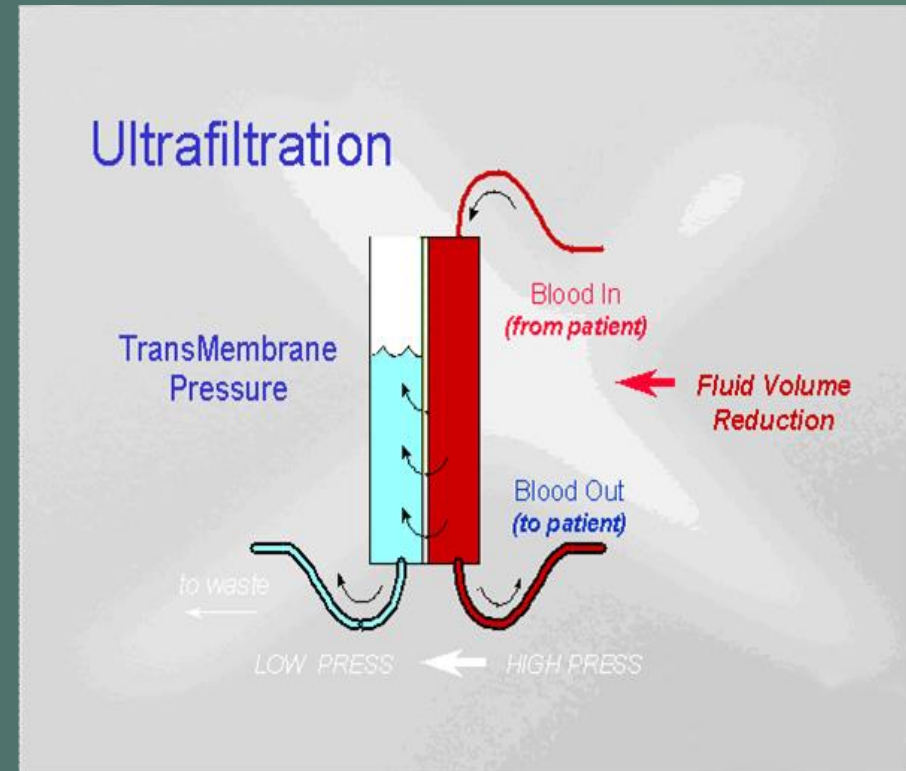
- **Ultrafiltrace** – separace plazmatické vody a v ní obsažených solutů od plné krve
- Závisí na
 - transmembranosním tlaku
 - velikosti plochy a permeabilitě membrány (*low x high flux*)

- $Q_f = K_m \times A \times \text{TMP}$

- $\text{TMP} = (P_b - P_d) - P_{\text{onc}}$

- Membrány : celulosové (low flux, hydrofilní, $K_m < 10 \text{ ml} \times \text{m}^2 / \text{mm Hg} \times \text{h}$)

syntetické (high flux, hydrofobní, $K_m > 30 \text{ ml} \times \text{m}^2 / \text{mm Hg} \times \text{h}$)

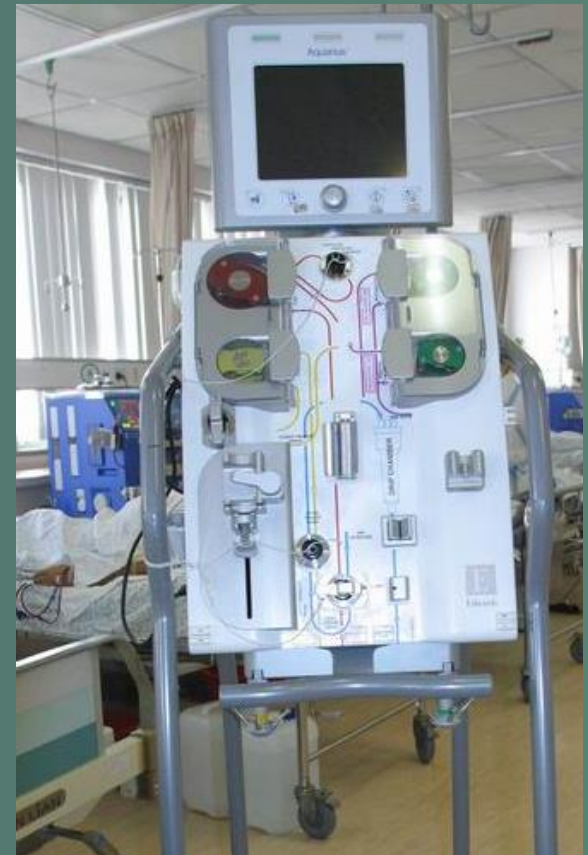


Fyzikální principy očišťování

- Konvekce – pohyby rozpuštěných látek spolu s rozpustidlem, tzv. *solvent drag*
- Závisí na
 - rychlosti ultrafiltrace
 - permeabilitě membrány
 - velikosti pórů
 - velikosti částic (<30 kDa) a jejich náboji
 - vazbě na bílkoviny (albumin)
- Proti konvekci působí onkotický tlak
- Adsorpce – na membránu, event. do pórů
 - podporována konvekcí (TMP)
- V současnosti se uplatňuje nejméně

Technické aspekty RRT

- Hemodialyzační katetr
- Krevní pumpa
- Extrakorporální okruh
- Hemofiltr
- Antikoagulace
- Substituční/dialyzační roztok





Haemocatsigno



Katetr a cévní přístup pro RRT

- Nejčastěji **12,5** - *14 Fr*
- Délka 16 cm - 22 cm : délku volit podle místa kanylace
- *1. v.jugularis l.dx.*
- *2. v.jugularis l.sin.*
- *3. v.femoralis*
- *4. v.subclavia*

Udržení žilního přístupu

- Heparinové zátky
- Citrátové zátky (Citra –Lock) – 4%, 30%, 46%
citrát
- Objem zátky v ml – dle charakteristiky dialyzační kanyla – udává výrobce na koncovkách
- *Tunelizace jen pro chronickou iHD*

Pumpy

- Součástí přístroje pro RRT
- Krevní pumpa
- Pumpa pro dialyzační/substituční roztok
- Pumpa pro ultrafiltrát
- *Jde o peristaltické pumpy – zabránění hemolýze*

Tlakové snímače

- **Tlakový snímač před krevní pumpou**
(arteriální)
- Měří tlak v nasávací části okruhu
- **Cíl:** detekce příliš nízkého tlaku ($> -150\text{mmHg}$)
zabránění hemolýze
- Důvody poklesu:
 - nedostatečný průtok cévním přístupem
 - přisátí katetru na stěnu cévy

Tlakové snímače

- **Tlakový snímač v návratové části okruhu (venózní)**
- Umístěn za venózní komůrkou/váčkem
- Hodnoty 50-100mmHg
- **Cíl:**
- Náhlý pokles detekuje:
 - poruchu průtoku cévním přístupem
 - *nesprávnou funkci krevní pumpy*
- Náhlý vzestup detekuje:
 - srážení ve venózní komůrce

Tlakové snímače

- **Tlakový snímač mezi dialyzátorem a krevní pumpou** (*systemový/ transmembranosní TMP*)
- hodnoty cca o 50 – 200mmHg vyšší než venózní
- **Cíl:**
- Časná detekce srážení krve v dialyzátoru nebo ve venózní komůrce
- Časná detekce obstrukce v návratové části okruhu (*zalomení hadičky apod.*)

Bezpečnostní prvky

■ detektor vzduchu

- na konci okruhu
- na principu ultrazvuku
- zabraňuje infúzi vzduchu do oběhu pacienta
- při detekci vzduchu uzavře klapky

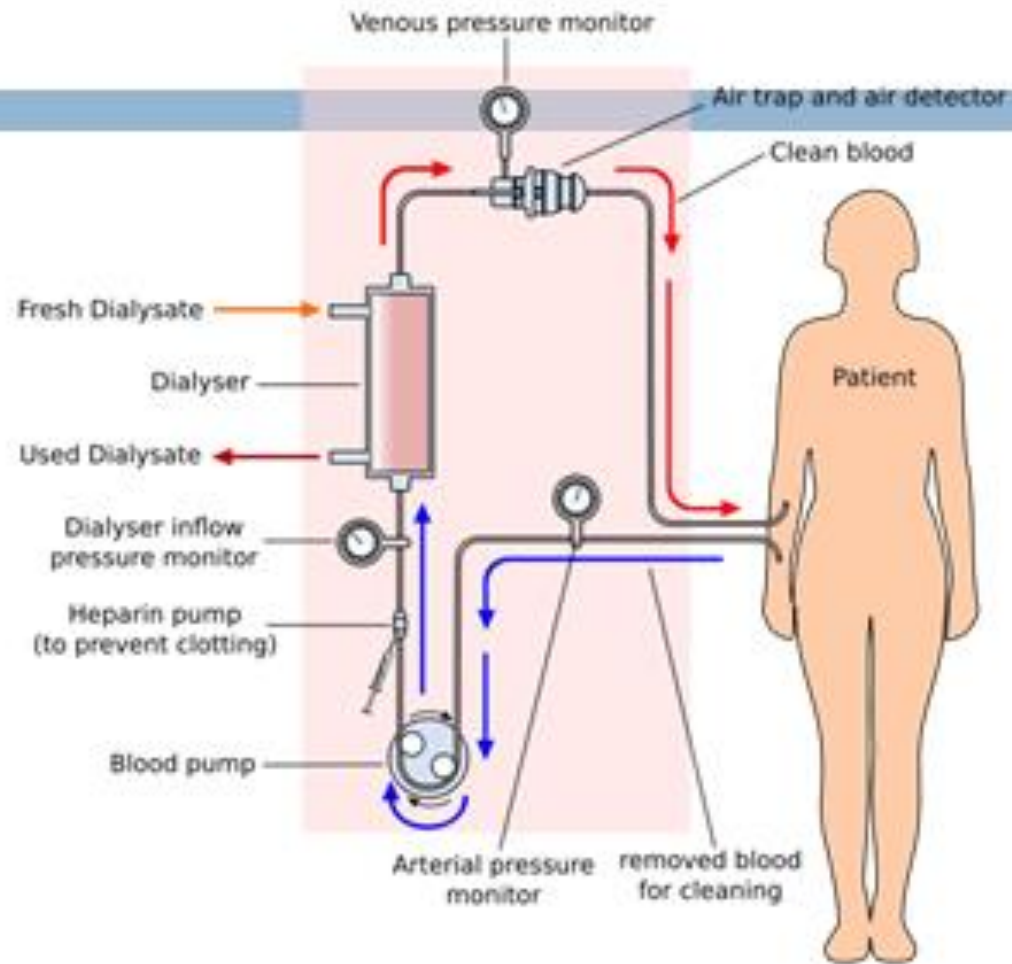
Všechny pumpy a infúze musí být napojeny před detektorem vzduchu !!!

odvzdušňovací komůrka



Bezpečnostní prvky

- **Optický detektor úniku krve**
do ultrafiltrátu
- detekuje porušení integrity dialyzátoru
- **Teplotní čidlo**







Hemofiltr

- **Low flux membrány**

u technik, kde hlavním mechanismem transportu je difúze, dobrá clearance malých molekul (celulosové materiály)

- **High flux membrány**

u technik, kde je hlavním mechanismem transportu konvekce, lepší clearance pro střední molekuly (póry 30 - 50 kDa)

Plocha hemofiltru -0,8-2,2m



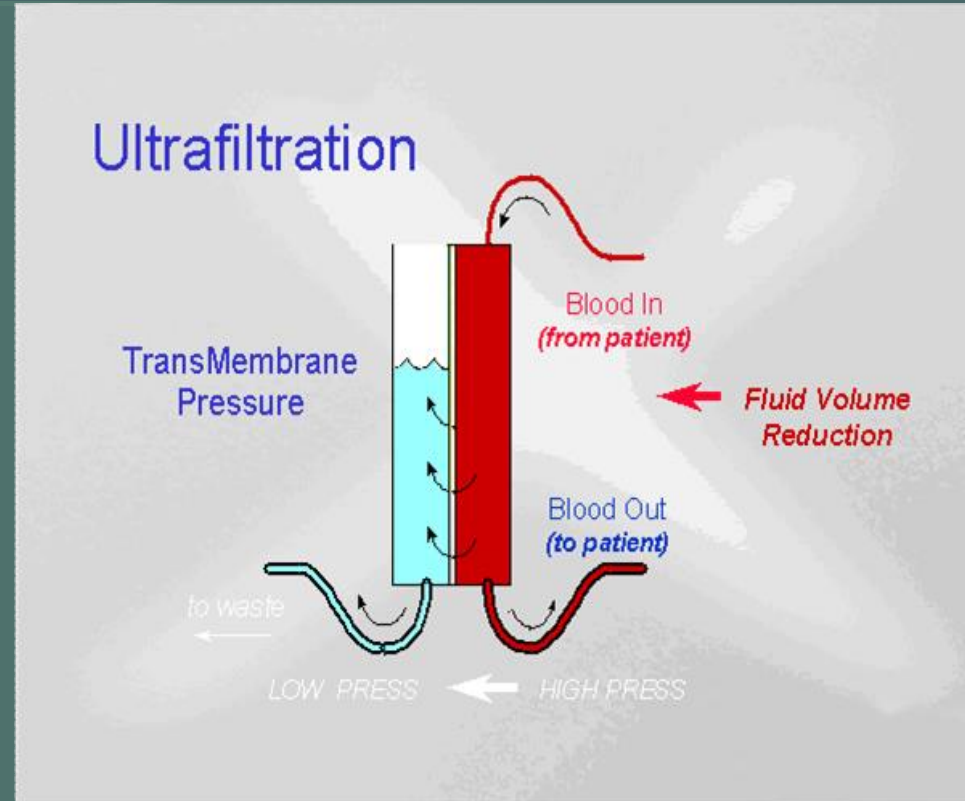
Kontinuální eliminační techniky - CRRT

- **Veno-venózní**
- CVVH – kontinuální veno-venózní hemofiltrace
- CVVHD – kontinuální veno-venózní hemodialýza
- CVVHDF – kontinuální veno-venózní hemodiafiltrace
- SCUF – pomalá kontinuální ultrafiltrace

Techniky CRRT – SCUF

pomalá kontinuální ultrafiltrace

- Krev je poháněna skrze vysoce permeabilní filtr, ultrafiltrát *není nahrazován*
- $Q_b = 100 - 250$ ml/min,
 $Q_f = 2 - 10$ ml/min



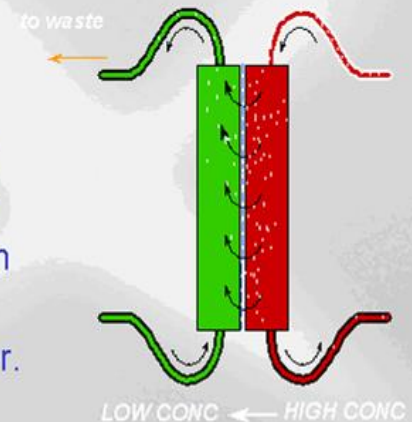
Techniky CRRT – CVVHD

kontinuální veno-venózní hemodialýza

- Krev je poháněna skrze vysoce permeabilní filtr, dialyzát proudí protisměrně, ultrafiltrát není nahrazován
- Clearance solutů primárně difusí, dále filtrace + zpětná filtrace - závisí na Q_b a Q_d
- $Q_b = 80 - 200$ ml/min, $Q_d = 10 - 33$ ml/min, $Q_f = 2 - 10$ ml/min

Hemodialysis

Movement of small solutes by diffusion through the addition of dialysate to the fluid side of the filter.



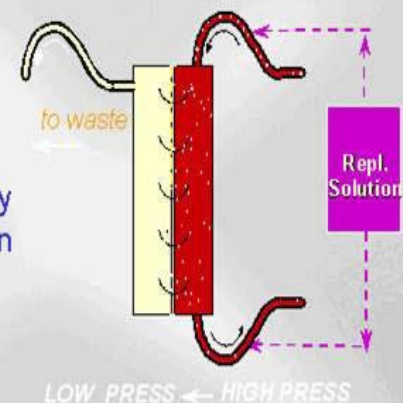
Techniky CRRT – CVVH

kontinuální veno-venózní hemofiltrace

- Krev je poháněna přes vysoce permeabilní filtr, **ultrafiltrát je částečně či kompletně nahrazován** substitučním roztokem.
- $Q_b = 100 - 300$ ml/min, $Q_f = 10 - 40$ ml/min (≥ 25 ml/kg/hod)
- Soluty jsou čištěny konvekcí
- Clearance – závisí na Q_f a *sieving koeficientu* (θ T)
- Náhrada cestou prediluce x postdiluce (event. kombinace)
- Filtrační frakce – optimum 20-25%

Hemofiltration

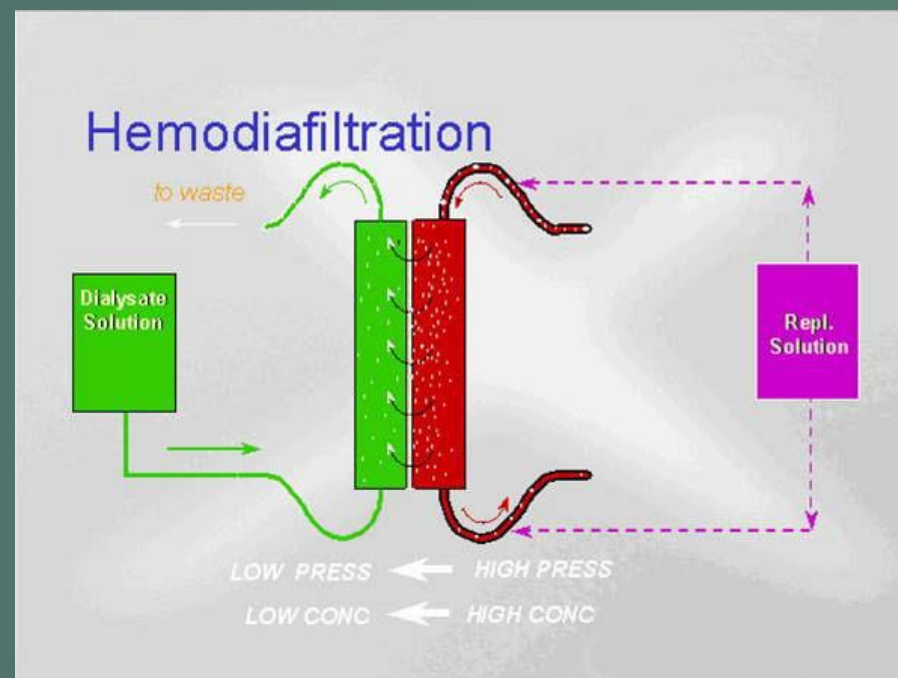
Removal of relatively large volumes of fluid by ultrafiltration, resulting in removal of solutes through convection.



Techniky CRRT – CVVHDF

kontinuální veno-venózní hemodiafiltrace

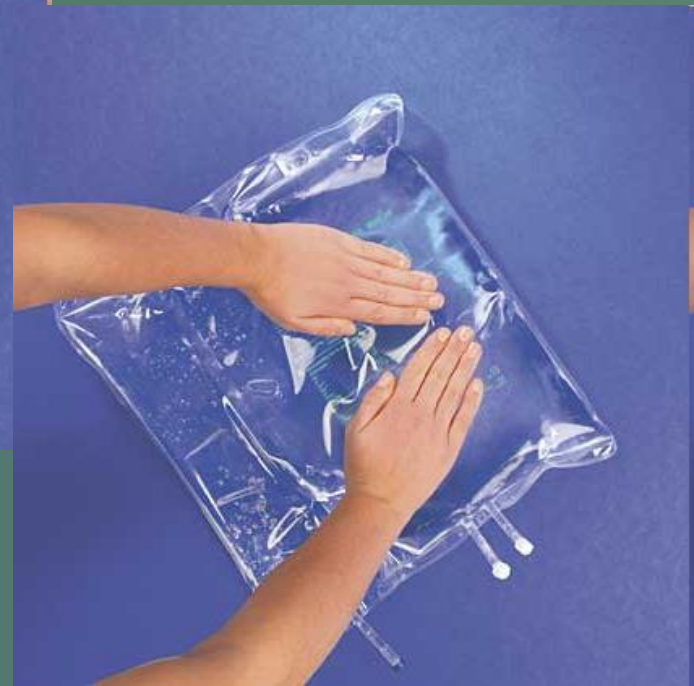
- Krev je poháněna skrze vysoce propustný hemofiltr, dialyzát proudí protisměrně, ultrafiltrát je částečně či zcela nahrazován substitučním roztokem.
- **Difúze, hemofiltrace**
- Clearance solutů konvekci + difusí
- **Náhradní roztok predilucí, postdilucí, event. kombinací**
- $Q_b = 100 - 300 \text{ ml/min}$, $Q_d = 10 - 33 \text{ ml/min}$, $Q_f = 8 - 15 \text{ ml/min}$



Substituce, ultrafiltrace

- Dialyzační roztok
- Substituční roztok
- Ultrafiltrát

Substituční vaky



Pufr substitučního/dialyzačního roztoku

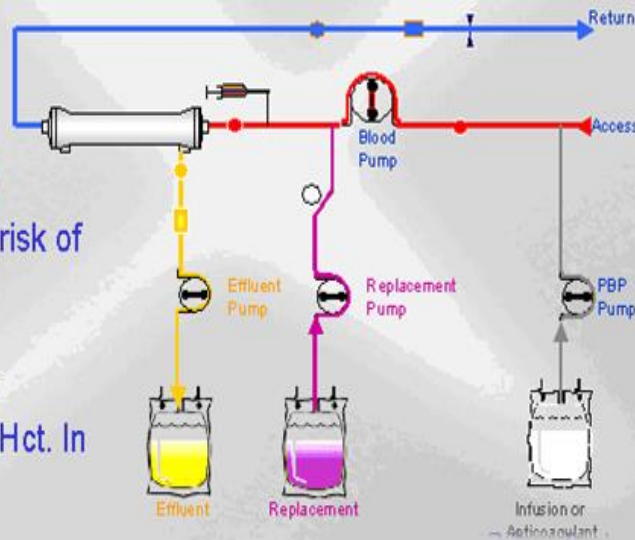
- Bikarbonát nebo laktát?
- KARIM FN Brno BIKARBONÁT
- *Např. KARIM 1. LF UK VFN Praha LAKTÁT
viz Studie Lactocitrate*

Příklad substituce při CVVH

Replacement Solution

Pre-Dilution

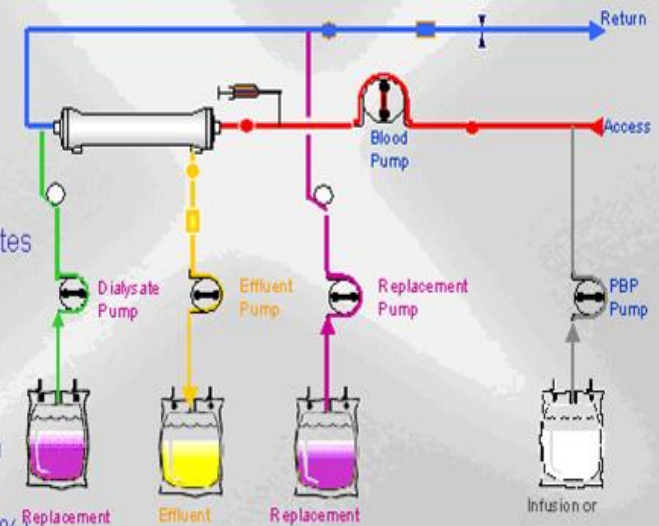
- Decreases risk of clotting
- Higher UF capabilities
- Decreases Hct. In filter



Replacement Solution

Post-Dilution

- Lower replacement rates (filtration %)
- Higher BFR (filtration %)
- Higher anticoagulation
- More efficient clearance (>15%)





Pacijent, ime: [REDACTED]
No: [REDACTED]
KODIRANJE: [REDACTED]
Kategorija: [REDACTED]
Prostor: [REDACTED]
Ime: [REDACTED]
Ime: [REDACTED]

Aquarius

4

70 2.2 1600

65
2.6

Antikoagulace

- Nefrakcionovaný heparin(UFH)
- Frakcionovaný heparin(LMWH)
- 4% nebo 2,2% Citrát sodný
- Prostacyklin
- Žádná antikoagulace

Antikoagulace

- Systémová
 - Nefrakcionovaný heparin(UFH)
 - Frakcionovaný heparin(LMWH)
- Regionální
 - 4% nebo 2,2% Citrát sodný
 - Nefrakcionovaný heparin(UFH)/protamin
- Bez antikoagulace

CRRT antikoagulace - UFH

- **Systemové podání:**
- Úvodní bolus 2000-5000 IU
- Udržovací dávka 5-10 IU/kg/h
- Monitoring APTT
- Požadovaná hodnota APTT 1,5-2,5x norma

CRRT antikoagulace - LMWH

- **Systemové podání**
- Iniciální bolus 5-10 IU/kg (*u iHD pouze tato úvodní dávka*)
- Udržovací dávka 3-5 IU/kg/h (*pro CRRT*)
- Monitoring antiXa aktivity
- Požadovaná hodnota antiXa 0,25-0,4U/ml
- *Předávkování LMWH prodlužuje i hodnotu aPTT*

CRRT antikoagulace - citrát

- **Regionální antikoagulace**
- 4% nebo 2,2% citrát sodný
- *Systemově je podáván UHF či LMWH v profylaktických dávkách (pokud není kontraindikace)*

CRRT antikoagulace - citrát

- Zabraňuje srážení krve **chelací ionizovaného Ca**
- Metabolizován v Krebsově cyklu v játrech, svalech a kortexu ledvin
- Produktem metabolismu je bikarbonát (*3mmol bikarbonátu na 1mmol citrátu*)
- *V menší míře použit na glukoneogenezu*

CRRT antikoagulace - citrát

- působí jako pufr
- trisodium citrát má vysoký obsah Na
- ztráty kalcia a citrátu jsou dány velikostí ultrafiltrace
- při těžké jaterní insuficienci se citrát kumuluje, není produkován bikarbonát

CRRT antikoagulace - citrát

- Citrát podáván do extrakorporálního okruhu před hemofiltr
- Dávkování: 4% 150-180ml/h
2,2% 300-500ml/h
- Obsah bikarbonátu v substitučním roztoku nutno přizpůsobit aktuálním hladinám v plazmě (Medisol Bi0)
- Kalcium je podáváno samostatnou venózní linkou za hemofiltrem
- počáteční rychlost: CaCl₂ 5-10ml/h
Ca gluconicum 10-20ml/h

Hodnoty pro CVVH s průtokem 200-250ml/h

Dávky se zvyšují u kombinovaných metod (CVVHD,CVVHDF)

CRRT antikoagulace - citrát

- **Riziko intoxikace citrátem při:**
- *jaterní dysfunkci (i při šoku - mitochondriální dysfunkce - clearance citrátu snížena, v těchto případech vždy zvážit použití heparinu)*
- snížení účinnosti hemofiltru
- předávkování

CRRT antikoagulace - citrát

- **Monitoring vnitřního prostředí:**
- po 6 hodinách: Na, K, Cl, ionizované Ca, ABR
- po 12 hodinách : urea, kreatinin, fosfát
- Po 24 hodinách: celkové Ca a Mg

- **Optimální hladiny ionizovaného kalcia:**
 - extrakorporálně za hemofiltrem 0,25-0,35mmol/l
 - systemově 0,96-1,2 mmol/l

CRRT antikoagulace - citrát

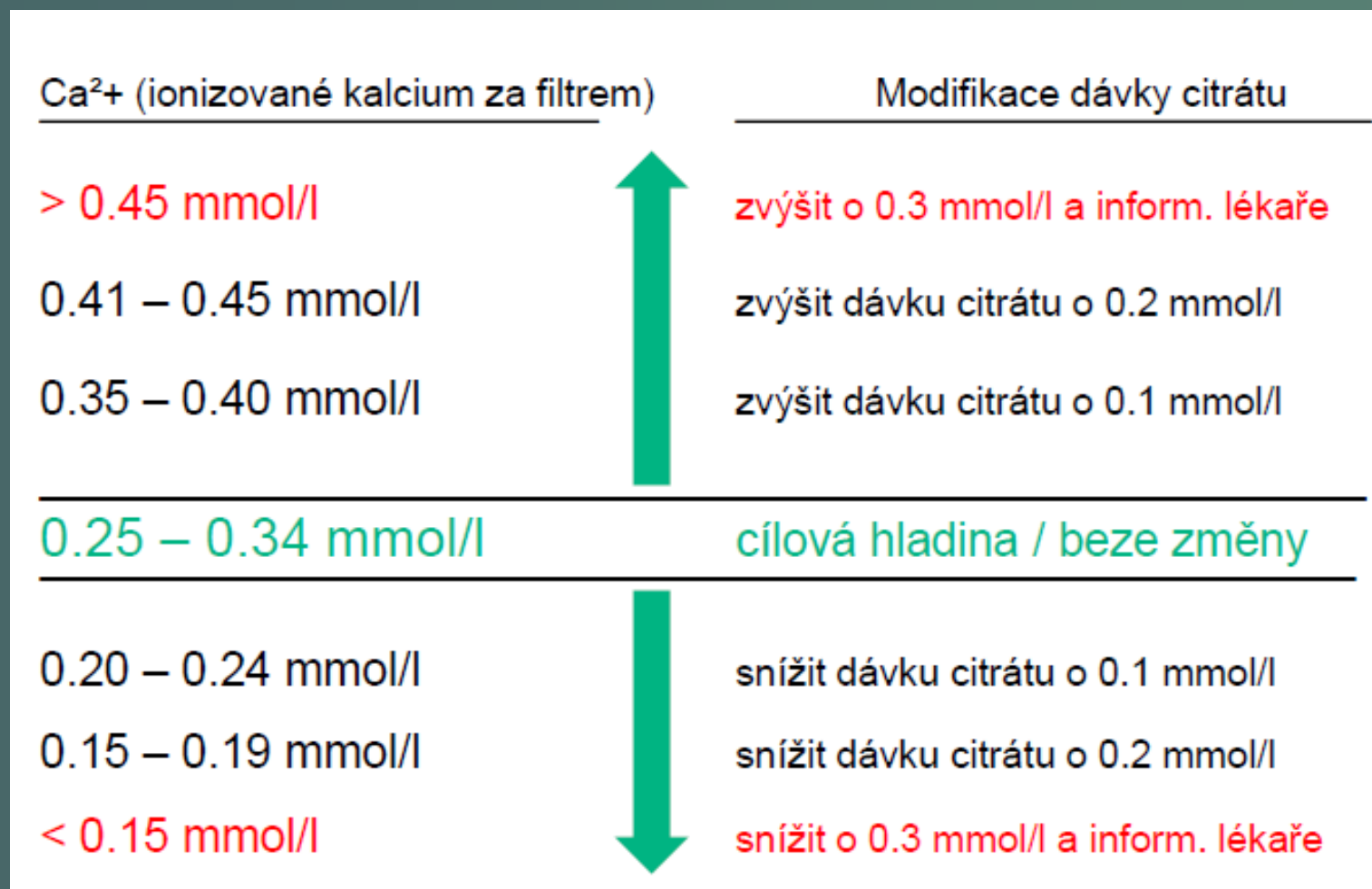
- Ze studií i klinických zkušeností vyplývá, že regionální antikoagulace citrátem je efektivní a bezpečná metoda antikoagulace během CRRT u kriticky nemocných s rizikem krvácení
- Nikdy však nepokračuj v podávání citrátu tam , kde si nejsi jist, že ho pacient metabolizuje!
- Monitoring poměru Ca/Ca^{2+} !!! :
v oběhu pacienta nikdy ne vyšší než 2,5 (*kumulace*)

CRRT - antikoagulace

- Přístroje s Ci-Ca pumpou
- Množství podávaného citrátu i kalcia udáváno v mmol/h
- **Dle tabulek ALE :**
- **ZODPOVÍDÁ LĚKAŘ – edukovaný, přemýšlející a reagující na aktuální klinický stav a laboratorní hodnoty pacienta !!!**

Příklad dávkování citrátu/kalcia na přístrojích s Ci-Ca pumpou

<u>Ca²⁺ (ionizované kalcium za filtrem)</u>	<u>Modifikace dávky citrátu</u>
> 0.45 mmol/l	zvýšit o 0.3 mmol/l a inform. lékaře
0.41 – 0.45 mmol/l	zvýšit dávku citrátu o 0.2 mmol/l
0.35 – 0.40 mmol/l	zvýšit dávku citrátu o 0.1 mmol/l
<hr/>	<hr/>
0.25 – 0.34 mmol/l	cílová hladina / beze změny
<hr/>	<hr/>
0.20 – 0.24 mmol/l	snížit dávku citrátu o 0.1 mmol/l
0.15 – 0.19 mmol/l	snížit dávku citrátu o 0.2 mmol/l
< 0.15 mmol/l	snížit o 0.3 mmol/l a inform. lékaře



CRRT bez antikoagulace

- Zvažovat u nemocných s počtem trombocytů pod 30 000-80 000
- Proplachy FR po 30 minutách
- nutno pamatovat v nastavení ultrafiltrace
- Riziko pozitivní kumulativní bilance

CRRT –indikace

- Akutní renální selhání
- Metabolická acidóza
- Hyperkalemie
- Hyperfosfatémie
- Hyperkalcémie
- Některé intoxikace (např. lithium)

CRRT – indikace

- Kongestivní srdeční selhání rezistentní k farmakoterapii
- Jaterní selhání (*hepatorenální syndrom*)

Dávka CRRT

- RENAL: CVVHDF 40 ml/kg vs 25 ml/kg: Mortality 42% at 90 days, 6.8% on RRT (40 ml/kg) vs 4.4% (25 ml/kg)

Bellomo R: NEJM 2009, 361: 1627-38

Zvýšení intenzity RRT nevedlo ke zlepšení pacientů s AKI

Li SY, Yang WC, Chuang CL. Effect of early and intensive continuous venovenous hemofiltration on patients with cardiogenic shock and acute kidney injury after cardiac surgery. J Thorac Cardiovasc Surg. 2014;148:1628–33.

Kdy RRT časně nebo pozdně?

- *Gaudry S, Hajage D, Schortgen F, Martin-Lefevre L, Pons B, Boulet E, et al. **Initiation strategies for renal-replacement therapy in the intensive care unit.** N Engl J Med. 2016;375:122–33.*
- *Zarbock A, Kellum JA, Schmidt C, Van Aken H, Wempe C, Pavenstädt H, et al. **Effect of early vs delayed initiation of renal replacement therapy on mortality in critically ill patients with acute kidney injury: the ELAIN Randomized Clinical Trial.** JAMA. 2016;315:2190–9.*

Optimal timing of renal replacement therapy initiation in acute kidney injury: the elephant felt by the blindmen

Chih-Chung Shiao, Tao-Min Huang, Herbert D. Spapen, Patrick M. Honore Vin-Cent Wu **Critical Care**201721:146

Z existujících studií a metaanalýz nelze jednoznačně doporučit načasování RRT

Je nutné zavedení citlivého biomarkeru/panelu ke zpřesnění definice AKI, a tak zhomogenizovat studovanou populaci, aby bylo možné zhodnotit dopad časného a pozdního zahájení RRT na outcome pacienta

CRRT- výhody

- Lepší hemodynamická tolerance
- Lepší možnost adekvátní nutrice
- Lepší kontrola tekutinové bilance
- Lepší kontrola vnitřního prostředí

CRRT - nevýhody

- Vyšší riziko krvácení
- Vyšší náklady
- Delší kontakt krve s umělými povrchy
- Delší imobilizace nemocného
- Technicky komplikovanější než intermitentní eliminace

CRRT – klinické aspekty

- **Nutrice**
- **Úprava dávkování léků**, především antibiotik
- **<https://kdpnet.kdp.louisville.edu>**

- **Monitoring** účinnosti antikoagulace

Intermitentní hemodialýza

definice

- Mímotělní očišťovací metoda nahrazující funkci ledvin
- **Prováděna intermitentně** cca 1,5-4-(8) hodin
- Odstraňuje odpadní látky a přebytečnou vodu (*ultrafiltrace*)
- Upravuje iontové poruchy a acidobazickou rovnováhu
- **Indikace obdobné jako CRRT**

Intermitentní hemodialýza

princip

- v mimotělním okruhu prochází krev přes semipermeabilní membránu, kde se vyměňují nízkomolekulární látky a voda s dialyzačním roztokem
- **Koncentrační gradient**
- **Protiproudový systém** (*dialyzační roztok proudí v protisměru proudu krve*)

Intermitentní dialýza

- Fyzikální principy obdobné jako u CRRT
- Technické aspekty obdobné jako u CRRT
- **Potřeba úpravny vody (*centrální, mobilní*)**
- **Online míchání dialyzačního roztoku přímo v přístroji**
- **Možnost on line míchání substitučního roztoku přímo v přístroji – možno provádět hemofiltraci**

Dialyzační přístroj

- Krevní okruh
- Dialyzátor (= hemofiltr)
- Pumpy
- Tlaková čidla
- Detektor vzduchu
- Detektor úniku krve
- Heparinový dávkovač
- Display - ovládání, monitoring

Krevní okruh

- set („hadice“ pro krev)
- krevní pumpa
- Dialyzátor (=hemofiltr)
- tlakové snímače
 - mezi cévním přístupem a krevní pumpou (*arteriální*)
 - mezi krevní pumpou a dialyzátorem (*systemový, transmembranózní – TMP*)
 - v návratové části okruhu (*venózní*)

Příprava vody pro hemodialýzu

- Z pitné vody
- **Filtrace** – odstranění mechanických nečistot
- **Adsorbce** na aktivní uhlí (molekulární chlor, organické látky..)
- Filtry k **odstranění železa a jeho sloučenin**

Příprava vody pro hemodialýzu

- **Změkčení a deionizace** – odstranění Ca, Mg.... *pryskyřičné iontoměniče*
- **Reverzní osmóza**
 - vysokotlaková filtrace přes hustou membránu
 - odstranění Al, nitrátů, sulfátů, pyrogenů, bakterií
- - výsledkem je čistá voda pro dialýzu (*30-60% z původního objemu vody vtékající do úpravny*)
- **Odvzdušnění** (*podtlakem*)
- **Ohřátí**

Dialyzační roztok

- hlavní složky Na, K, Ca, Mg, Cl, bikarbonát, výběrově glukóza (*vždy u diabetiků*)
- připravován z firemních koncentrátů a upravené vody on-line- přímo v průběhu dialyzačního procesu

Dialyzační roztok

- Upravená voda postupuje do dvoustupňového mísícího bloku
- V bloku oddělené míchání bazické(B) a kyselé složky (A)
- Zpětnovazebné systémy regulující rychlost sání B a A
- $H_2O : A : B = 32,775 : 1 : 1,225$

(pro práškový $NaHCO_3$)

Složení dialyzačního roztoku

- **NaHCO₃** (*dříve i acetát*)
 - udržení normální acidobazické rovnováhy
 - obvykle 30 – 34 mmol/l
 - v práškové formě (chemicky stabilnější) – jím protéká upravená voda – vznik roztoku
- **chloridy**
 - udržení elektroneutrality
 - obvykle 110-115 mmol/l

Složení dialyzačního roztoku

■ natrium

- ovlivňuje osmolalitu a přesuny tekutin
- izotonické – 138-142 mmol/l
- **profilování natria během iHD:**
 - na začátku 150-155 mmol/l – vede k mobilizaci intersticiální tekutiny
 - postupně pokles ke 140 mmol/l pro udržení sodíkové bilance
 - Profil hladiny natria v dialyzačním roztoku předvolíme na přístroji pro iHD

Složení dialyzačního roztoku

■ kalium

- nižší koncentrace než v plasmě
- standardně 2 - 4mmol/l (vyšší koncentrace u rizikových pacientů *(arytmie, vliv na srdeční kontraktilitu)*)
- během dialýzy přesun K^+ z intracelulárního prostoru
- po dialýze plasmatická hladina kalia na cca 3-5hod stoupá
- Koncentrace kalia v roztoku se během iHD standardně neprofiluje

Složení dialyzačního roztoku

■ kalcium

- obvykle 1,25 - 1,5mmol/l (odpovídá plasmatickému ionizovanému kalciumu (*cca 50% celkového*))
- *neplatí pro plnou citrátovou antikoagulaci*

■ magnézium

- 30 % volné, 70% vázáno na proteiny
- obvykle 0,5 mmol/l

Složení dialyzačního roztoku

■ glukóza

- není nezbytnou součástí roztoku
- 0,1% = 1g/l = 5,5 mmol/l
- pokud není, ztráta cca 20-30 g glukózy během jednoho cyklu iHD
- snižuje ztrátu aminokyselin
- zvyšuje riziko růstu bakterií
- hlavně pro diabetiky a metabolicky nestabilní nemocné

Intermitentní metody

- **Intermitentní hemodialýza (iDH)** - krev je poháněna skrze vysoce permeabilní filtr, dialyzát proudí protisměrně, **ultrafiltrát není nahrazován**
- **Intermitentní hemofiltrace** - krev je poháněna přes vysoce permeabilní filtr, **ultrafiltrát je částečně či kompletně nahrazován** substitučním roztokem (*pre/postdiluce*)
- **Intermitentní hemodiafiltrace**

iHD - ULTRAFILTRACE

- **Ultrafiltrace** = množství vody odstraněné během iHD

Další možnosti eliminace na přístroji pro iHD – **IZOLOVANÁ ULTRAFILTRACE**

- Ultrafiltrát není hrazen substitučním roztokem
- Dialyzační roztok nepoužíván
- Vzestup periferní vaskulární rezistence – nedochází k poklesu systémového TK
- odstranění tekutiny z organismu převodněného oběhově nestabilního pacienta
- Může být následována iHD

- *I u chronicky dialyzovaných v úvodu iHD k zabránění poklesu TK v úvodu eliminace*

Zajištění žilního přístupu

- Neliší se od CRRT
- Zásadní podmínka úspěšnosti eliminační metody
- Průměr kanyly 12F, 13,5F a 14F
- Citrátové zátky (*Citra –Lock*)
citrát/heparinové zátky jako u CRRT
- *Objem zátky v ml – dle charakteristiky dialyzační kanyla – udává výrobce na koncovkách*

Antikoagulace při iHD

- Principiálně obdobná jako CRRT :
 - systémová :
 - **Vysokomolekulární heparin**
 - **Nízkomolekulární heparin**
 - *Pro 1,5 -4hodi iHD většinou postačí úvodní dávka heparinu*
- bez antikoagulace – proplachy okruhu FR

Citrasate

- Firemně vyráběný koncentrát dialyzačního roztoku
- K pufraci použit citrát
- Lokální snížení hladiny ionizovaného kalcia v dialyzátoru díky jeho komplexování s citrátovým aniontem snižuje tendenci krve ke srážení
- nedochází k ucpávání kapilár filtru po celou dobu iHD
- Objem krevní cesty a tím i funkční plocha dialyzátoru zůstávají zachovány během celé iHD/HDF

Citrasate

- Bikarbonátový dialyzační roztok kyselý
- K 2 mmol/l
- Ca 1,5 mmol/l
- Citrát 0,8 mmol/l
- Gl 1,0 mmol/l

Citrasate

- PŘÍNOS PRO DIALYZOVANÉ PACIENTY:
- Možnost **redukce dávky heparinu** až o 55%
- Možnost i **bezheparinové iHD**
- Prokazatelné zlepšení biokompatibility dialyzační procedury
- Snížení rizika krvácení
- Použití pro specifické aplikace (pacienti s HIT, kontraindikací na heparin, s traumatem...)

Nastavení intenzity dialýzy na JIP

- účinnost iHD je určena:
 - trváním dialýzy
 - krevním průtokem
 - plochou dialyzátoru
 - průtokem dialyzačního roztoku

Nastavení intenzity dialýzy na JIP

- Taktika závisí na indikaci k iHD
- Liší se parametry první iHD a následujících procedur
- doba trvání
- průtok krve
- průtok dialyzačního roztoku
- ztráta kapaliny (ml/hod)
- teplota
- profylaxe natria pokud přístroj umožňuje
- typ antikoagulace

Nastavení intenzity dialýzy

- délka 1,5 – 4 – 8hod
- průtok krve 150-250 ml/min
- průtok dialyzačního roztoku 500-1000ml/min
- Plocha membrány 1-1,8m²

Komplikace iHD

■ hypotenze

- nejčastější
- příčiny: hlavně hypovolémie, dále srdeční selhání, anafylaxe, hypokalcémie, poruchy rytmu, ...
- slabost, nevolnost, zvracení, porucha vědomí
- prevence: UF max. 1000ml/hod, Na^+ 140 mmol/l
- Izolovaná ultrafiltrace
- Profilování natria
- léčba: tekutiny, snížení UF, katecholaminy

Komplikace iHD

■ arytmie

- příčiny: iontové změny (K, Ca, Mg), hypotenze
- nejčastěji: fibrilace síní, SVT
- léčba: korekce iontů, antiarytmika, kardioverze

■ krvácení

- při antikoagulaci heparinem
- ukončení HD, protamin

Komplikace iHD

■ hemolýza

- bolesti v zádech a na prsou, šokový stav
- krev ve venózním setu barvy portského (laková)
- obvykle chybou dialyzačního roztoku
- ihned ukončit HD

■ vzduchová embolie

- rozpojení okruhu, chyba při ukončení HD
- ihned zasvorkovat venózní set, ukončit HD
- dle stavu resuscitace

Komplikace iHD

■ dysekvilibrační syndrom

- edém mozku při rychlém poklesu osmolality plazmy
- bolesti hlavy, nevolnost, zvracení, zmatenost, křeče, porucha vědomí
- prevence: pomalá dialýza, Na^+ min. 140 mmol/l, profylaxe natria
- terapie: snížit intenzitu HD, hypertonický NaCl, manitol, při vážnějším průběhu ukončení HD
- pokud jsou koma, křeče- okamžité ukončení, nutno pátrat i po jiných příčinách

Komplikace iHD

■ svalové křeče

- příčiny: hypoperfúze při hypovolémii a hypotenzi, hyponatrémii, dysekvilibrační syndrom, hypokalcémie méně často
- léčba kauzální, příp. hypertonický NaCl a benzodiazepiny

iHD –indikace

- Obdobné jako u CRRT
- Vhodnější u:
 - Těžké metabolické acidózy (*metformin*)
 - Některých intoxikací (*metanol, ethylenglykol...*)
 - Renální insuficience oběhově stabilního pacienta

Indikace akutní iHD

- přetížení tekutinami, plicní edém
- urea > 30 mmol/l
- kreatinin > 600 umol/l
- *v intenzivní péči však často nižší hodnoty (viz uvedené studie)*
- klinicky vyjádřená urémie (encefalopatie, perikarditida, trombocytopenie, ...)

Indikace akutní iHD

- hyperkalémie > 6 mmol/l
- hyperkalcémie > 4 mmol/l
- těžká metabolická acidóza
- těžká intoxikace dialyzovatelnou látkou
- *hypo-/hypertermie*

iHD x CRRT

- **iHD – výhody:**

- nižší riziko krvácení
- více času na léčebné a dg intervence
- radikálněji řeší těžkou hyperkalemii, metabolickou acidozu...
- nižší náklady

- **iHD- nevýhody:**

- horší oběhová tolerance
- obtížnější kontrola tekutinové bilance
- větší riziko dysekvilibria

iHD nebo CRRT na ICU?

Critical Care



This Provisional PDF corresponds to the article as it appeared upon acceptance. Copyedited and fully formatted PDF and full text (HTML) versions will be made available soon.

The effect of continuous versus intermittent renal replacement therapy on the outcome of critically ill patients with acute renal failure (CONVINT): a prospective randomized controlled trial

Critical Care 2014, **18**:R11 doi:10.1186/cc13188

iHD nebo CRRT na ICU?

- srovnávány skupiny 252 pac. s ARF a indikací eliminace, randomizovány do skupin iHD vs CRRT
- mortalita 14, 30-denní, celková, dny na ICU, v nemocnici- bez signifikantního rozdílu v obou skupinách
- jen skupina s vysokými dávkami KA lepší 14-denní přežití ve skupině CRRT, ostatní parametry však již bez rozdílu
- **Závěr: iHD i CRRT mohou být považovány za rovnocenné v léčbě pacientů s ARF dependentních na dialýze léčených na ICU**

SLED- Slow Low Efficiency Dialysis

- hybrid mezi iHD a CRRT
- poprvé použita 1999
- Pomalá nízko účinná dialýza
- používá pomalou ultrafiltraci – lepší oběhová tolerance
- prodloužená doba procedury (8-12 hod.)
- využívá konvenční přístroje a vybavení pro iHD
- méně nákladná proti CRRT
- může se provádět přes noc X ve dne dg a th výkony

SLED- Slow Low Efficiency Dialysis

- krevní průtok 100 – 200ml/min
- průtok dialyzačního roztoku 100 – 200ml/min
- antikoagulace
 - LMWH/UFH
 - Citrát

Souhrn pro klinickou praxi: používání eliminačních metod (RRT) u kriticky nemocných

- Kontinuální a intermitentní metody RRT používat jako komplementární léčbu renálního selhání (AKI)
- U hemodynamicky nestabilních pacientů preferovat CRRT před iHD
- U pacientů s AKI a akutním poraněním mozku nebo s jinými příčinami zvýšeného nitrolebního tlaku preferovat CRRT před iHD
- U kriticky nemocných používat bikarbonát spíše než laktát jako nárazník v dialyzačním či substitučním roztoku pro RRT

Souhrn pro klinickou praxi: používání RRT u kriticky nemocných

- Při rozhodování o zahájení RRT zvážit širší klinický kontext – přítomnost stavů, které mohou být prostřednictvím RRT modifikovány spíše než vycházet z izolovaných jednotlivých hodnot urey a kreatininu
- RRT zahájit bezprostředně v případě život ohrožujících změn v tekutinové, elektrolytové a acidobazické rovnováze

Souhrn pro klinickou praxi: používání RRT u kriticky nemocných

- Dávka RRT by měla být předepsána před zahájením každé procedury RRT
- Doporučuje se časté vyhodnocení skutečně realizované dávky, aby mohla být preskripce dávky adekvátně upravena
- RRT ukončit, pokud pominula indikace

Souhrn pro klinickou praxi: používání RRT u kriticky nemocných

- Nepoužívat diuretika k urychlení zotavení renálních funkcí nebo ke zkrácení doby či snížení frekvence RRT
- U pacientů bez zvýšeného rizika krvácení, bez poruchy koagulace a u nemocných nedostávajících účinnou systémovou antikoagulaci používat k zajištění antikoagulace intermitentních procedur buď nefrakcionovaný nebo nízkomolekulární heparin

Souhrn pro klinickou praxi: používání RRT u kriticky nemocných

- K zajištění antikoagulace CRRT používat citrátovou regionální antikoagulaci spíše než heparin, nejsou-li přítomny kontraindikace pro citrát
- Pro pacienty se zvýšeným rizikem krvácení používat v průběhu CRRT citrátovou regionální antikoagulaci spíše než žádnou antikoagulaci, nejsou-li kontraindikace k citrátu

Literatura

Novák I., Matějovič M., Černý V. a kol.
Akutní selhání ledvin a eliminační techniky v intenzivní péči
Maxdorf 2008

Sulková S., Hemodialýza
Maxdorf 2008

[www.http://kdigo.org](http://kdigo.org)

Matějovič M., Metody náhrady funkce ledvin na JIP
[Postgraduální nefrologie. 2012, roč. 10, č. 4, s. 50-52](#)

Ševčík P. a kol., Intenzivní Medicína
Galén 2014

Základní preventivní metoda AKI **DOSTATEČNÁ HYDRATACE !!**



Děkuji za pozornost