



Úvod k eliminačním metodám

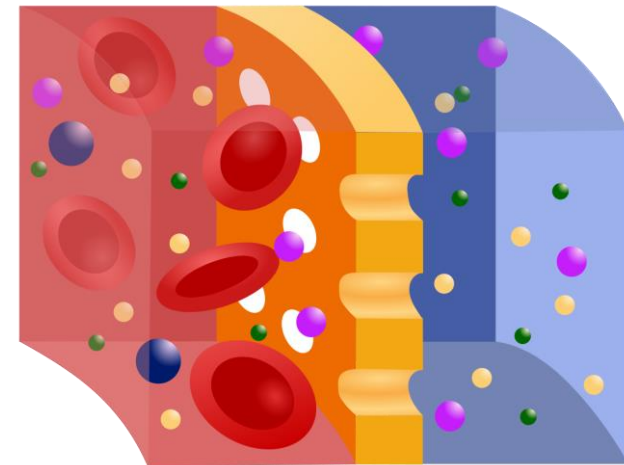
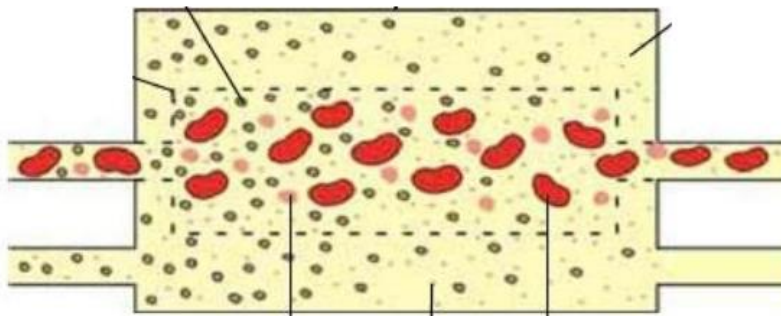
Olga Suková

Mimotělní eliminace

- odstraňuje odpadní látky a přebytečnou vodu (ultrafiltrace)
- upravuje ABR a iontové poruchy
- přístroj + zázemí
- mimotělní okruh + dialyzátor
- dialyzační koncentráty
- ordinace lékaře

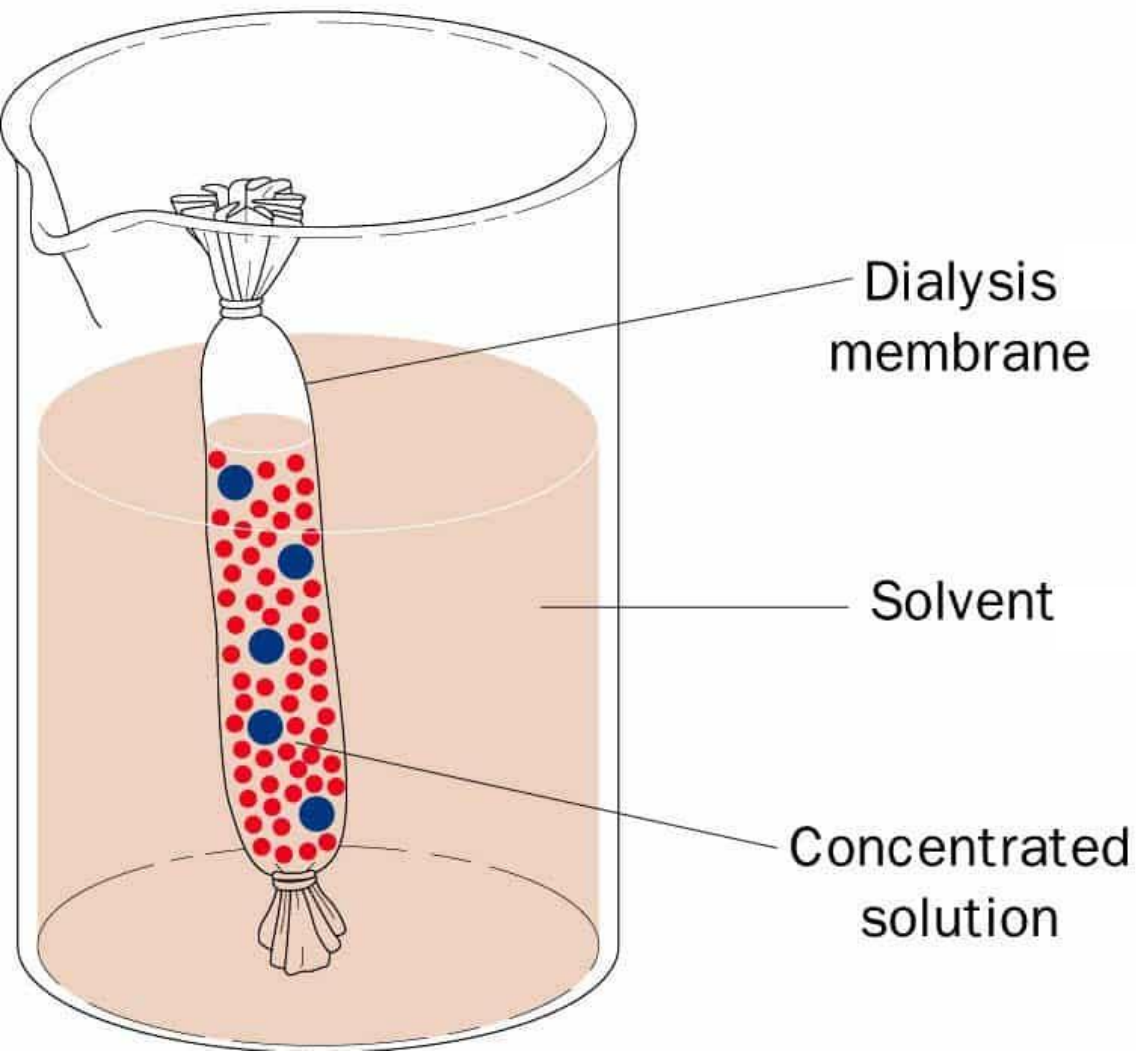
Principy mimotělní eliminace

- difúze X (zpětná difúze)
 - polopropustná membrána, protiproudový systém
 - pasivní přestup látky přes membránu po koncentračním gradientu (vyšší C -> nižší C)
 - látky s malou molekulovou hmotností



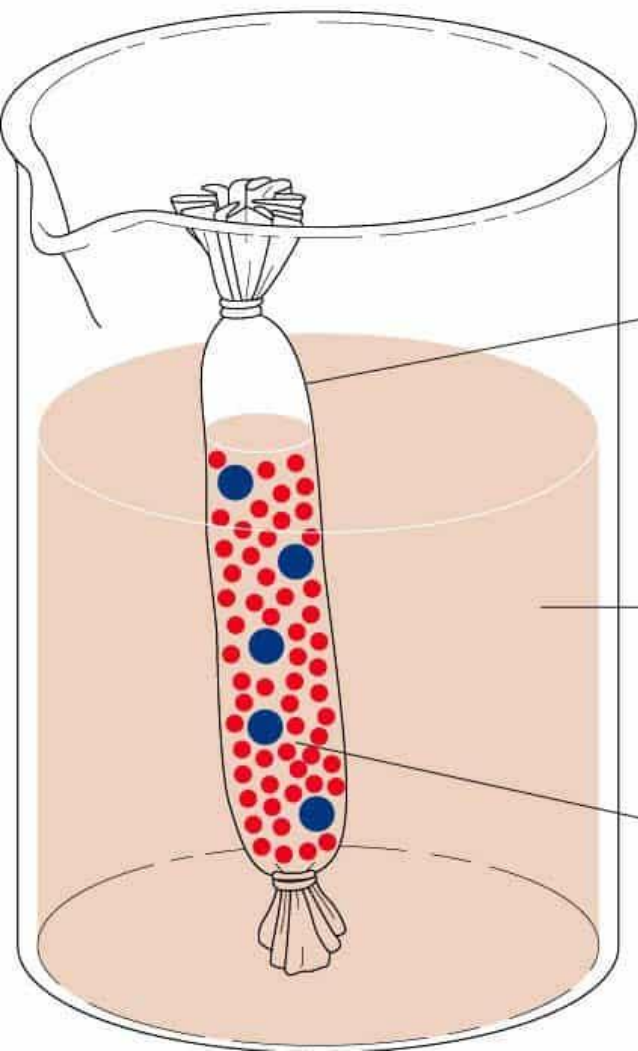
(a)

At start of dialysis



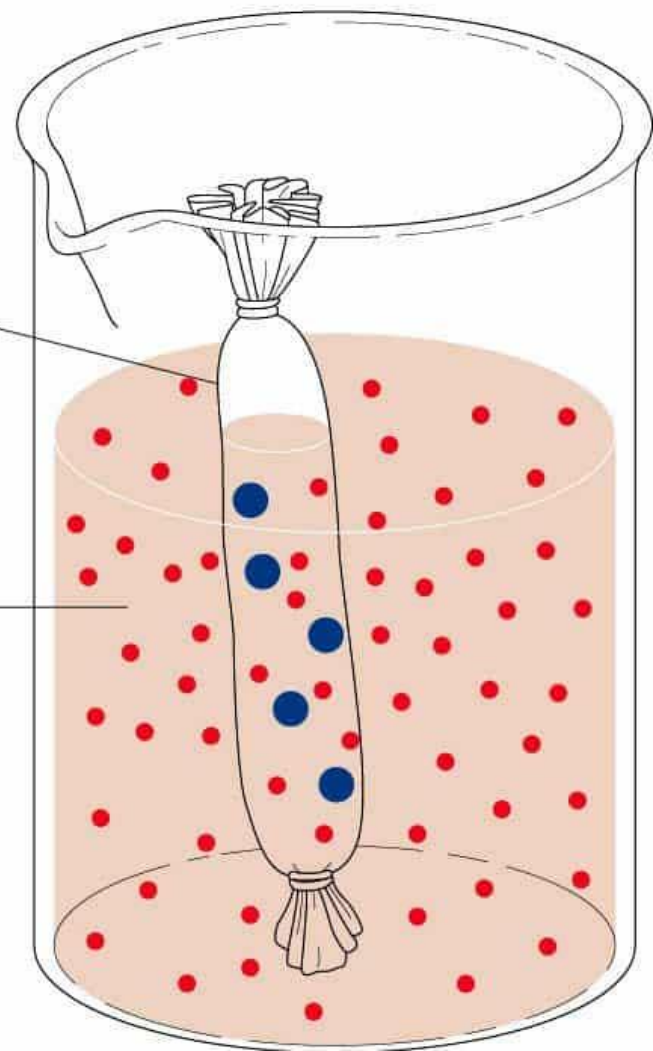
(a)

At start of dialysis



(b)

At equilibrium



Dialysis membrane

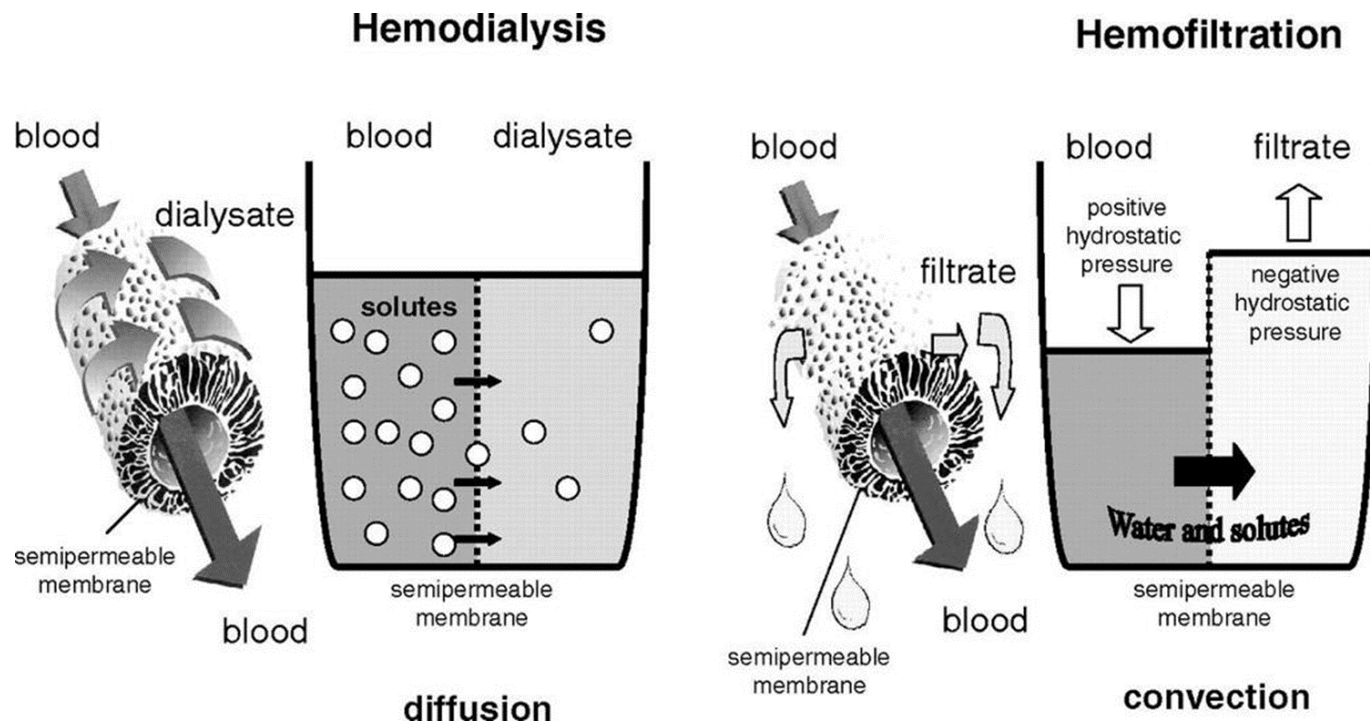
Solvent

Concentrated solution

Principy mimotělní eliminace

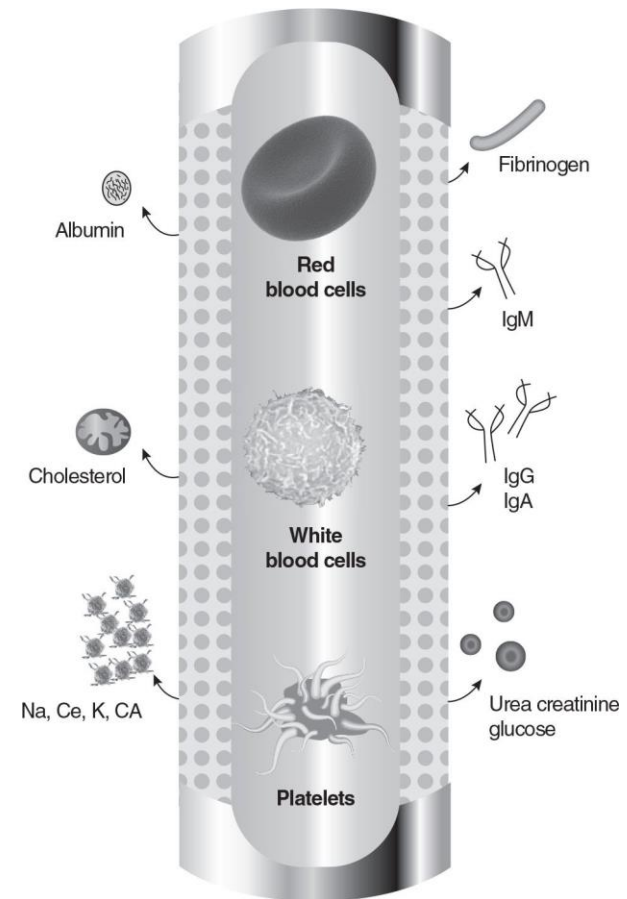
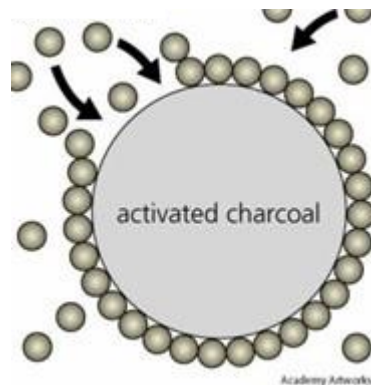
■ filtrace

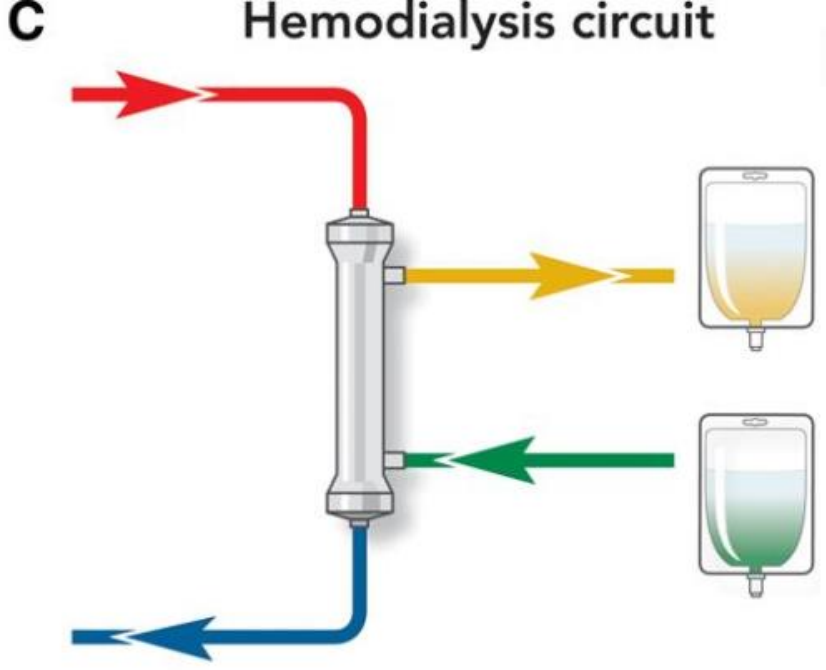
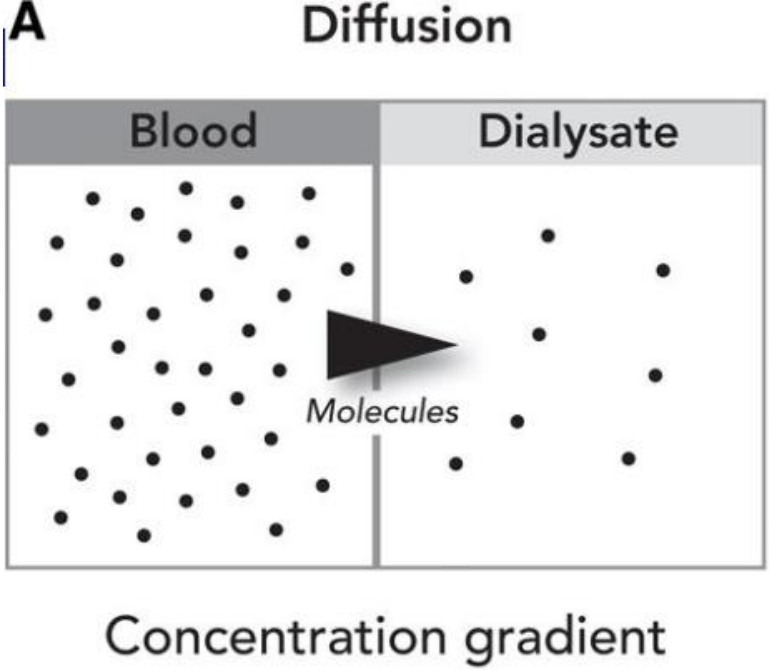
- podle tlakového gradientu prostupuje voda a v ní rozpuštěné látky přes membránu

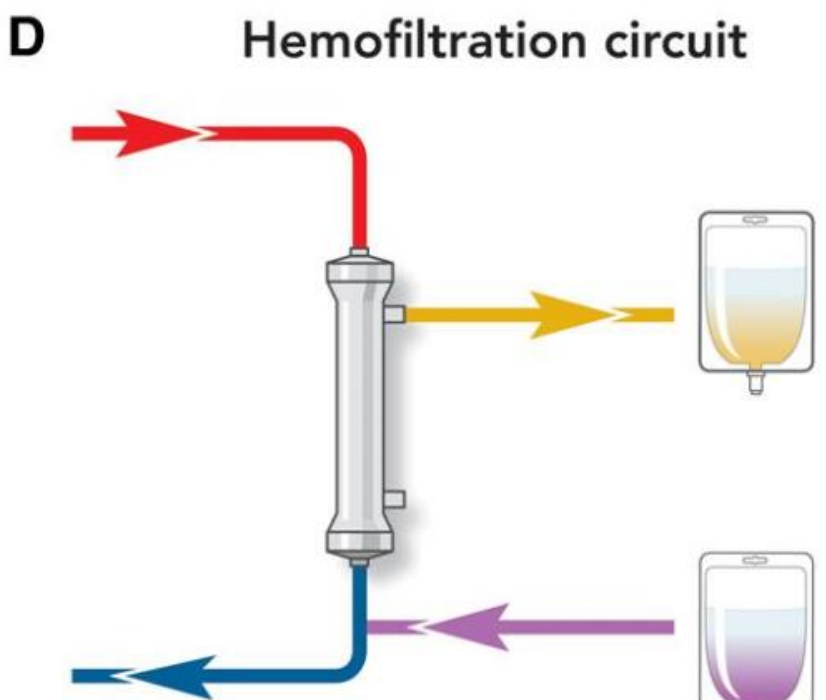
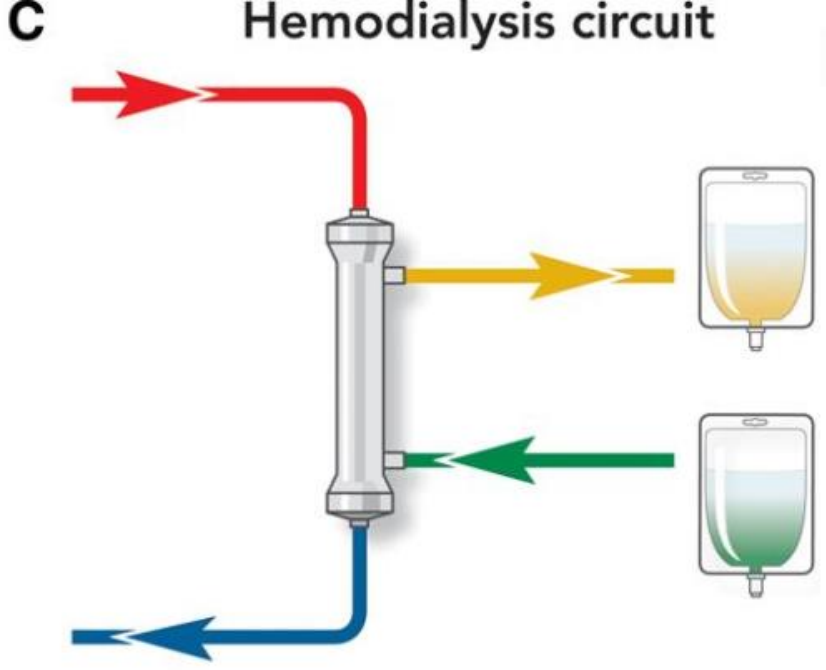
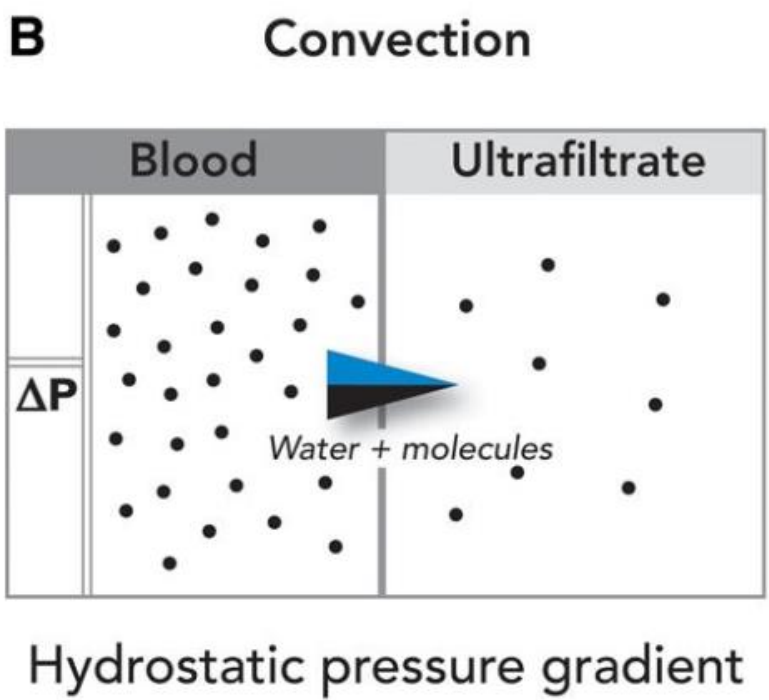
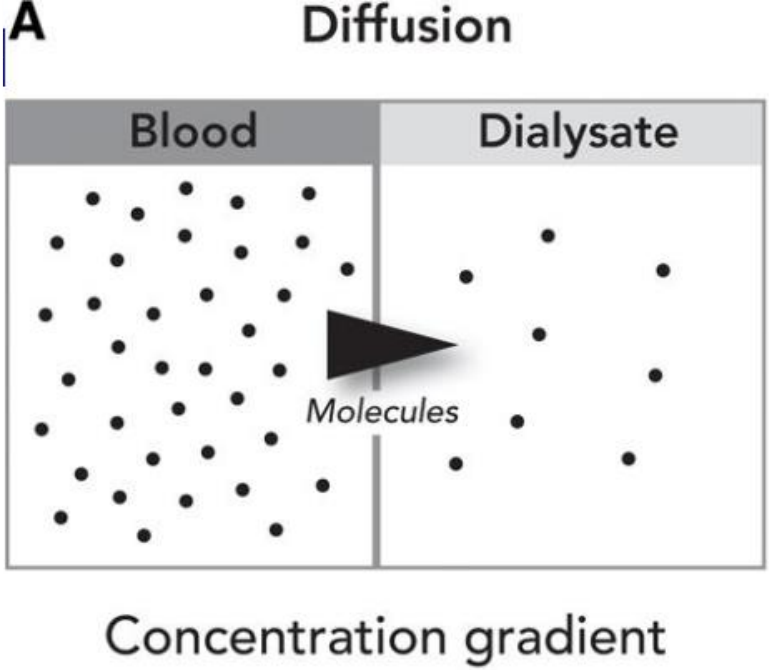


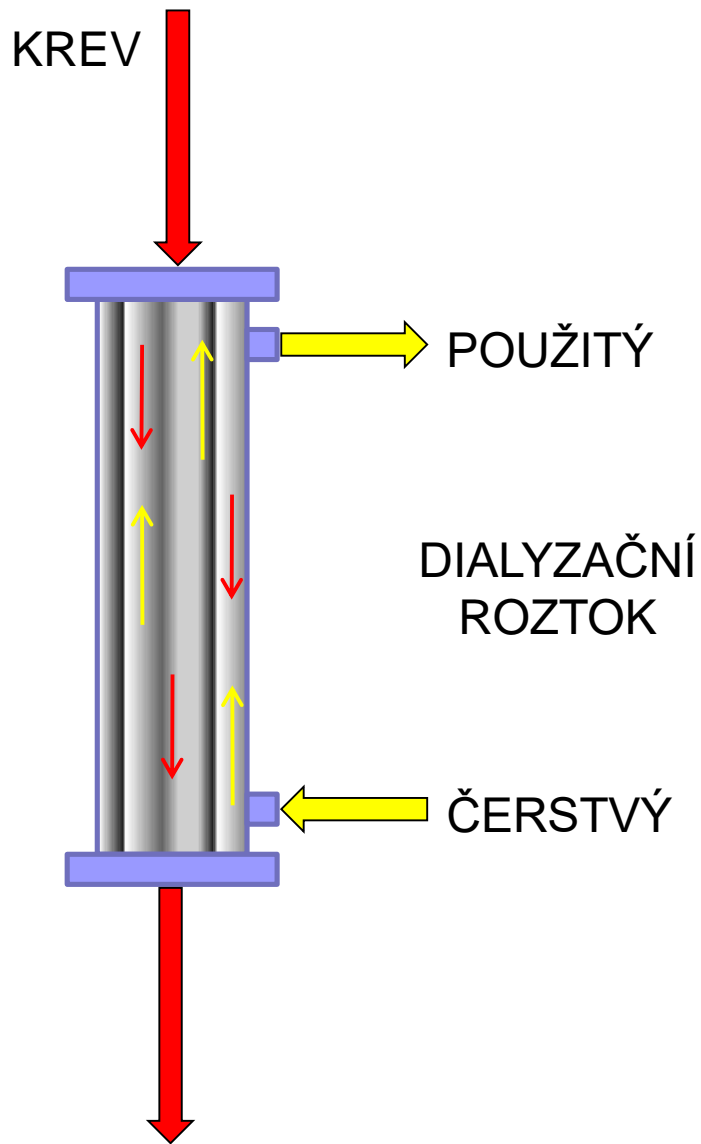
Principy mimotělní eliminace

- aferezy / plazmaferéza
- adsorbce na membráně
 - vazba látek na membránu

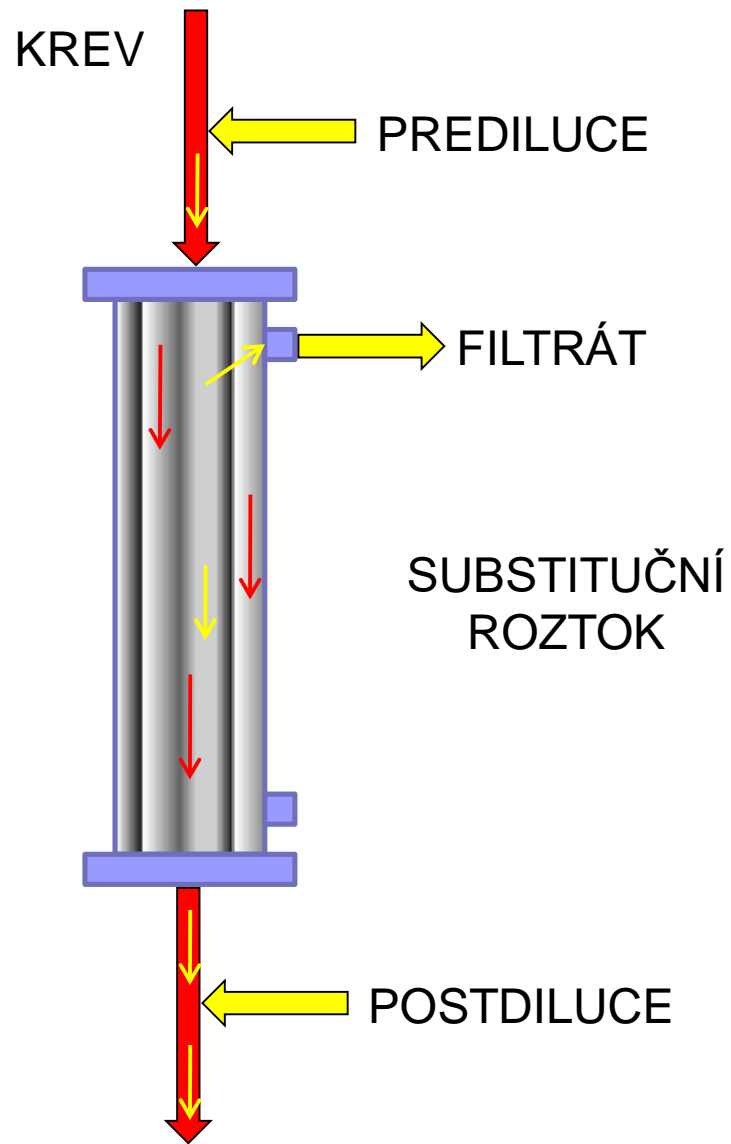








(HEMO) DIALÝZA



(HEMO) FILTRACE

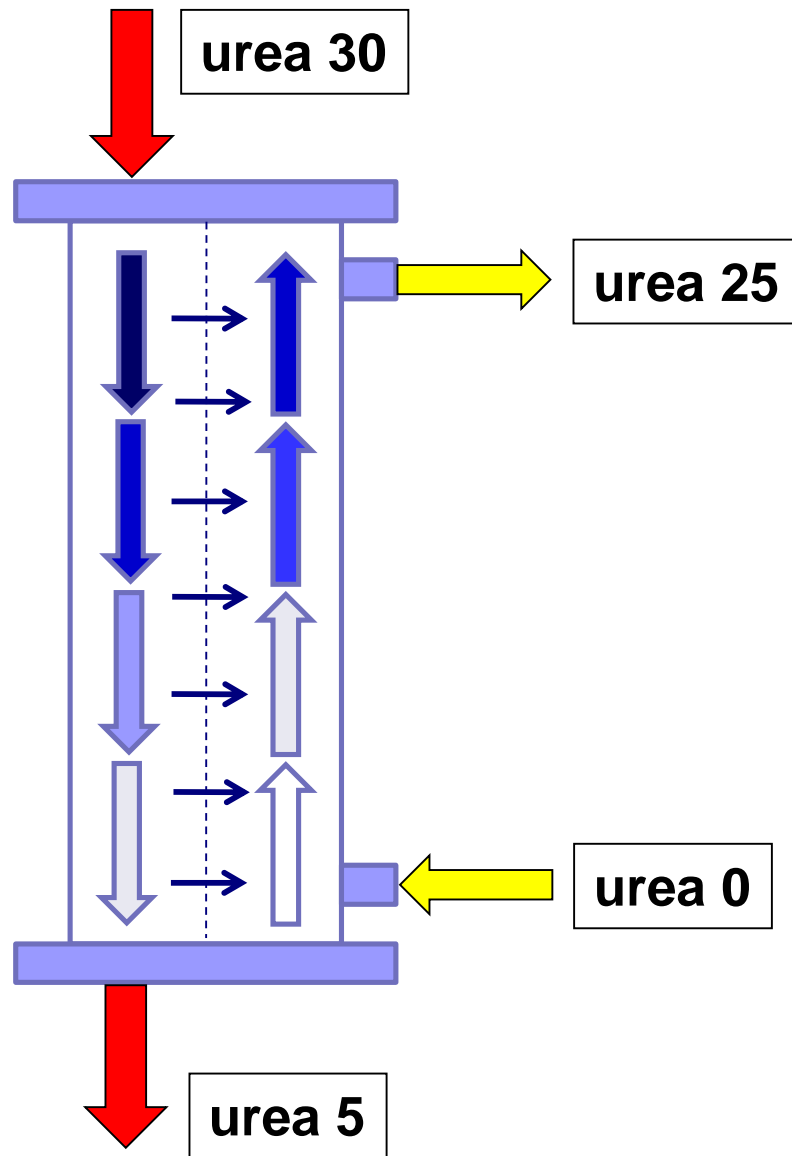
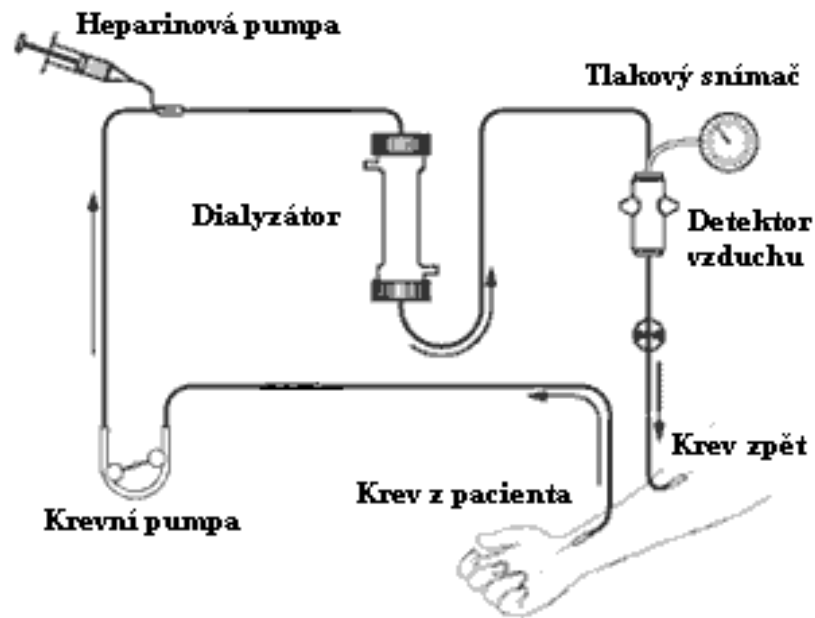


Schéma eliminace

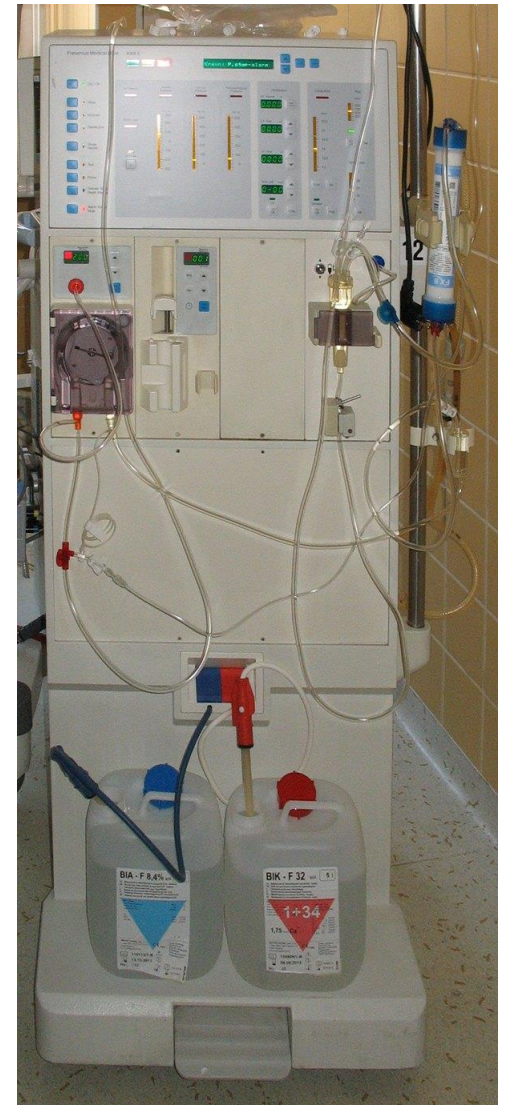
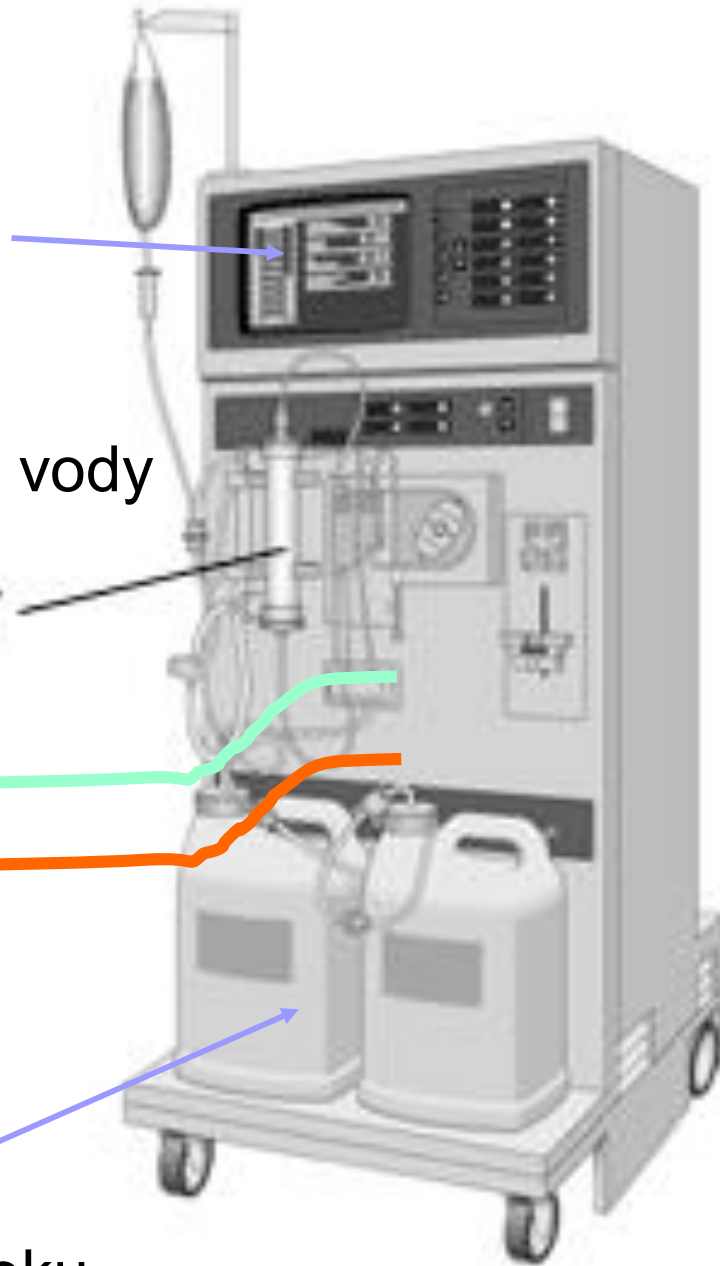


menu + ovládání

připojení na rozvod vody
a odpad

Dialyzer

koncentráty pro
přípravu
dialyzačního roztoku



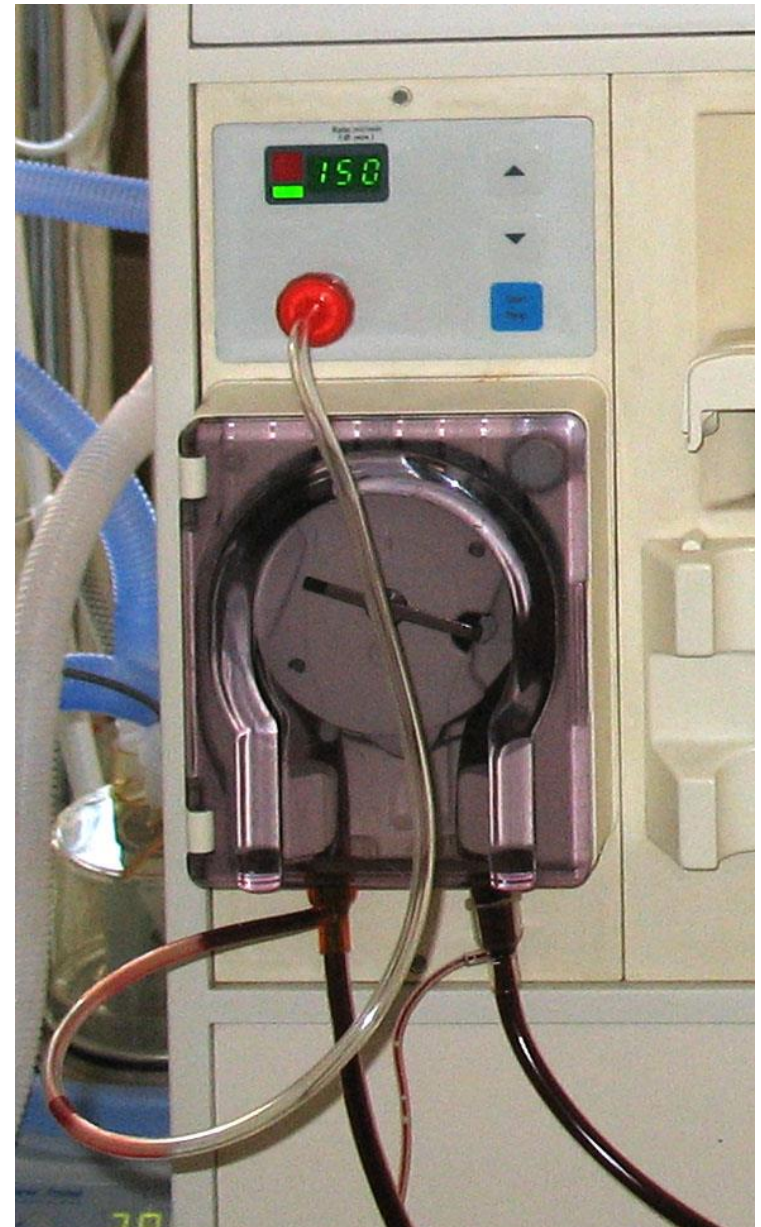
Voda pro eliminace

- centrální / „vodárna“
- filtrace
- změkčení, deionizace (Na → Ca, Mg, vodivost)
- reverzní osmóza
- chemická + mikrobiologická analýza

- konduktivita roztoku

Mimotělní okruh I.

- set 100 – 150 ml
- objem mimotělního okruhu je 160 – 270 ml
- plocha cca 1,5 – 2 m²
- krevní pumpa – peristaltické čerpadlo, vytváří podtlak
- průtok 100 – 300 ml/h



Mimotočelní okruh II.

- tlakové snímače
 - před krevní pumpou
 - za dialyzátorem
 - systémový
 - transmembranózní (TMP)
 - tlakový gradient na membráně
 - $(\text{systemový} + \text{venózní}) / 2 - \text{ultrafiltrát}$



Mimotočelní okruh III.

- dialyzátor
- venózní baňka
- detektor vzduchu
 - UZ princip
 - uzávěr klapky
- optický detektor



Dialyzační membrány a dialyzátory

- polopropustná membrána
- vlastnosti závisí na:
 - materiálu
 - tloušťce (tenší → stačí menší plocha)
 - pórech (počet, velikost)
 - schopnosti adsorpce – hlavně syntetické materiály



Materiál dialyzátorů

- nesubstituovaná (nemodifikovaná) celulóza
 - volné OH skupiny biologicky reaktivní – aktivace C3 složky komplementu
 - Cuprophan, SCE membrána
 - dnes již NE
- substituovaná (modifikovaná) celulóza
 - esterifikace nebo eterifikace hydroxylových skupin
 - snaha o zmírnění bioreaktivity
 - Hemophan, SMC membrána
 - dnes již také NE

Membrane type	Hydraulic permeability	Examples	Biocompatibility profile
Regenerated cellulose	Low flux	Cuprophan	Poor
Modified cellulose	Low/high flux	Cellulose acetate Cellulose diacetate Saponified cellulose ester	Intermediate
Synthetic	High/low flux	Polyacrylonitrile Polysulfone Polyamide Polycarbonate Polymethyl methacrylate	Good

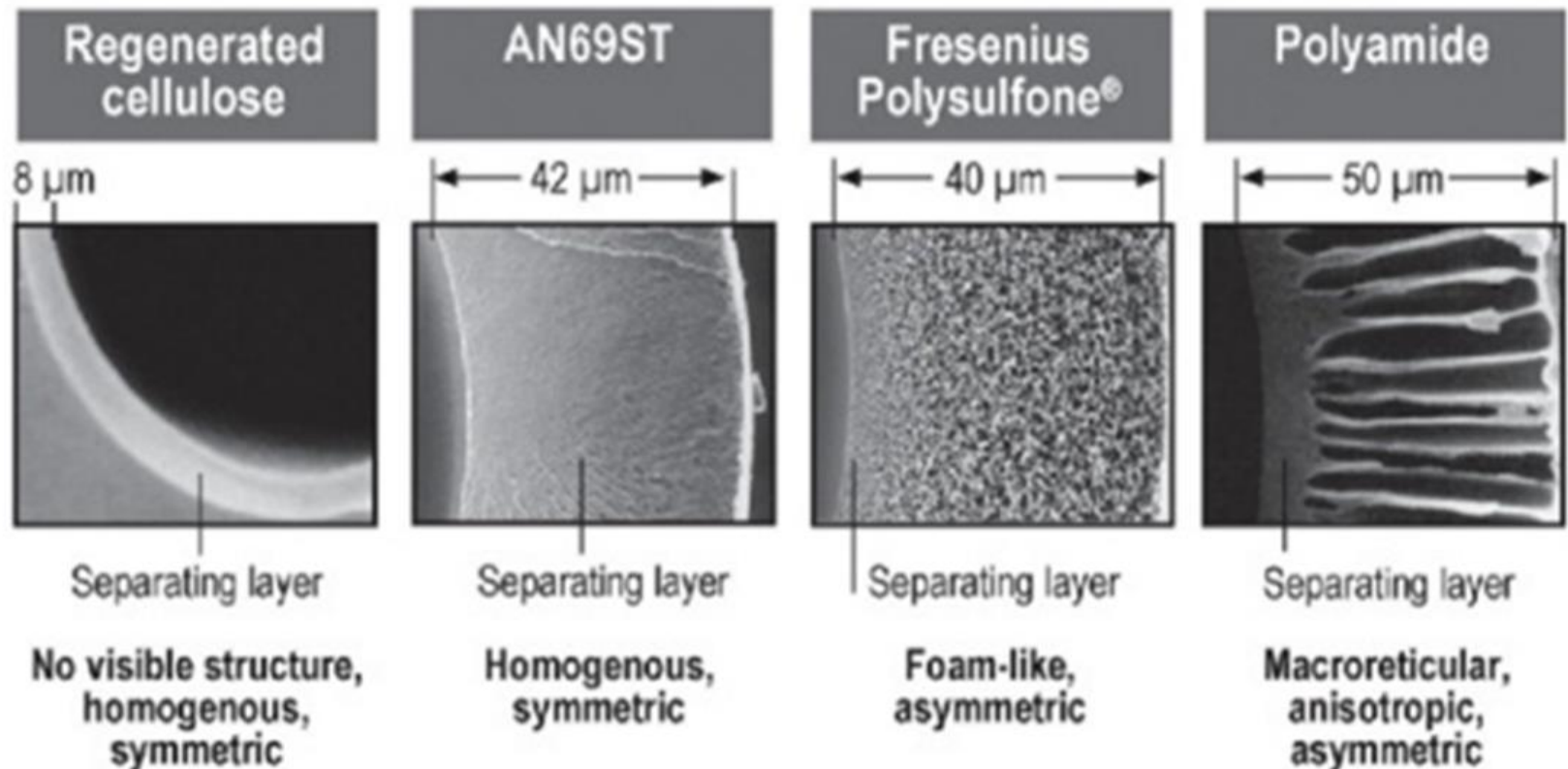
Materiál dialyzátorů

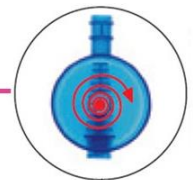
- syntetické membrány
 - z ropy
 - polysulfon (PSU), polyakrylnitril (PAN), polyamid, polymethylmetakrylát
- změna vlastností v průběhu času (adsorpce na membránu, koagulace krve, ...)

Struktura dialyzátorů

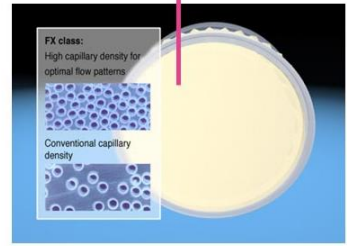
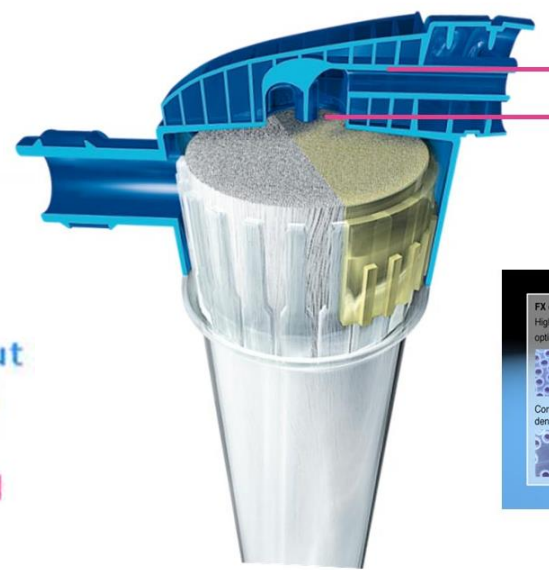


- uspořádání v kapilárách



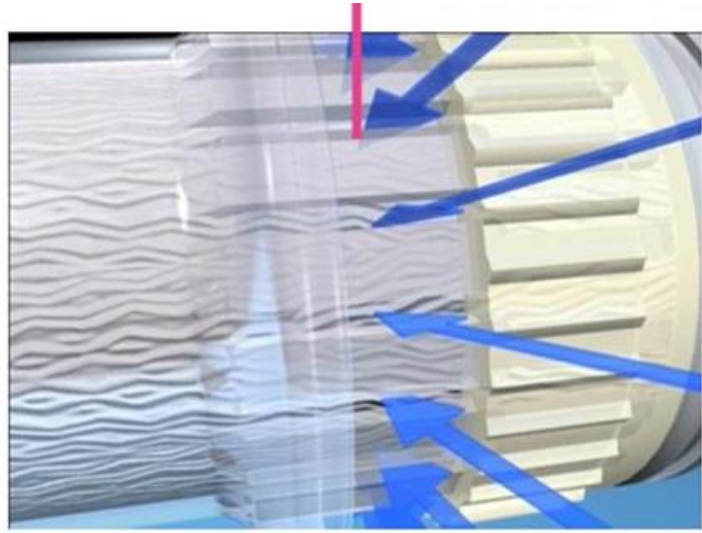
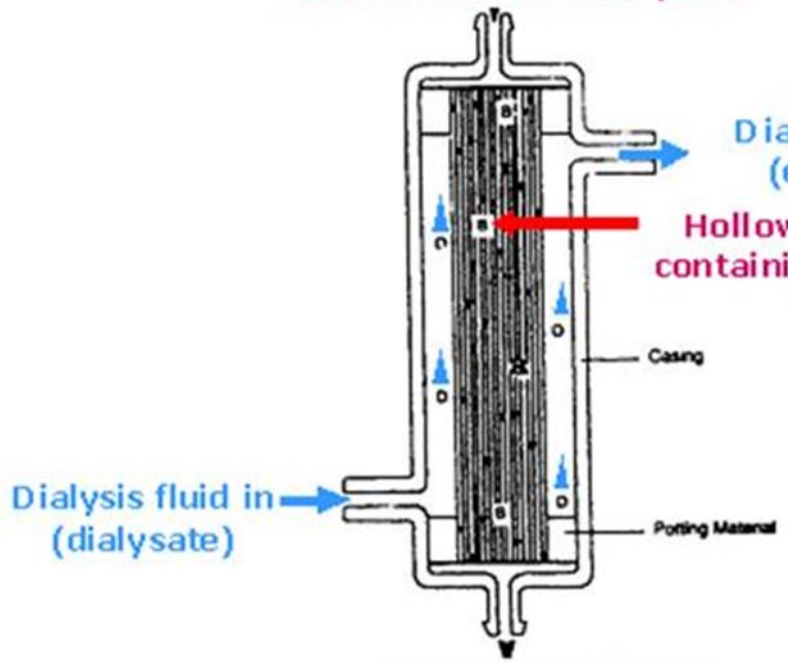


Lateral blood inlet



High Capillary Density

Blood from access port



Dialyzátor - parametry

- plnicí objem 60 – 120 ml
- reziduální objem
- plocha, uspořádání vláken
- rychlost difúze – koeficient \times rezistence proti difúzi
- hydraulická permeabilita K_f
- ultrafiltrační koeficient K_{Uf} (ml/mmHg/hod)
- prosévací koeficient S
- propustnost membrán, adsorbce
- účinnost – clearance K

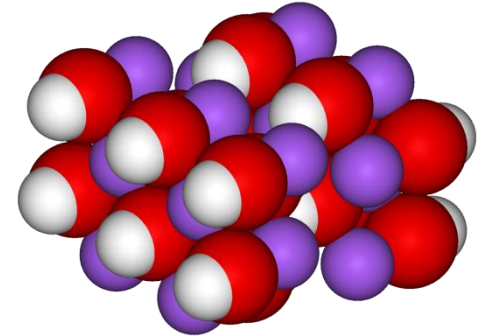


Dialyzační roztoky



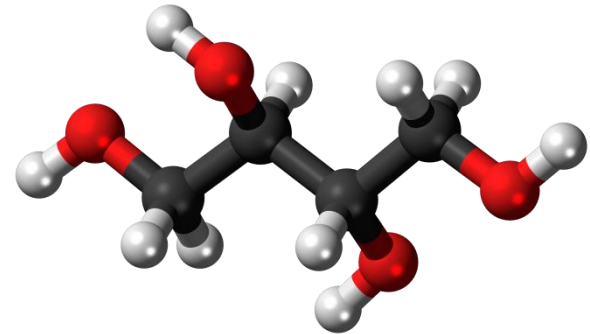
- koncentrát + upravená voda
- ohřátí, odvzdušnění, přimíchání odděleně kyselých a bazických složek (proti srážení CaCO_3)
- dávkování konstantní / na základě měření vodivosti
- rozdíl ve složení oproti plasmě zajišťuje gradient pro přechod látek

Složení - Natrium



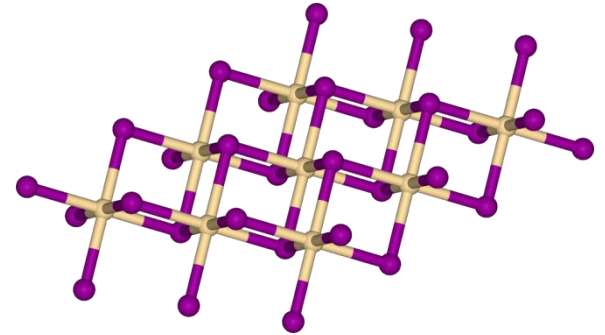
- ovlivňuje osmolalitu a přesuny tekutin
- isotonické - 140 mmol/l
- profilování natria (s profilováním UF)
 - na začátku 150 – 155 mmol/l – vede k mobilizaci intersticiální tekutiny
 - postupně pokles ke 140 mmol/l pro udržení sodíkové bilance

Složení - Kalium



- nižší koncentrace než v plasmě
- standardně 2 mmol/l, (3, 4 pro rizikové nemocné)
- během dialýzy i po přesun K⁺ z intracelulárního prostoru (pokračuje uvolňování z buněk)
- pozor na rychlé „stahování“

Složení ...



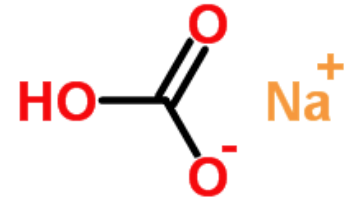
- calcium

- hladina obvykle 1,25 mmol/l
- neplatí pro citrátovou antikoagulaci

- magnesium

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

Složení ...



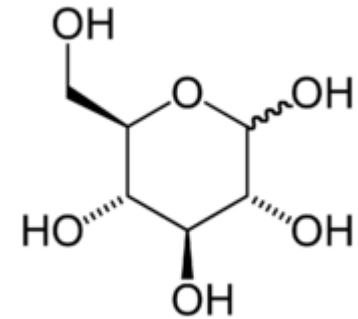
- NaHCO_3 (dříve i acetát)
 - udržení normální ABR
 - obvykle 30 – 34 mmol/l

- chloridy
 - dle iontů a HCO_3 , udržení elektroneutrality
 - obvykle 110 – 115 mmol/l

Složení ...

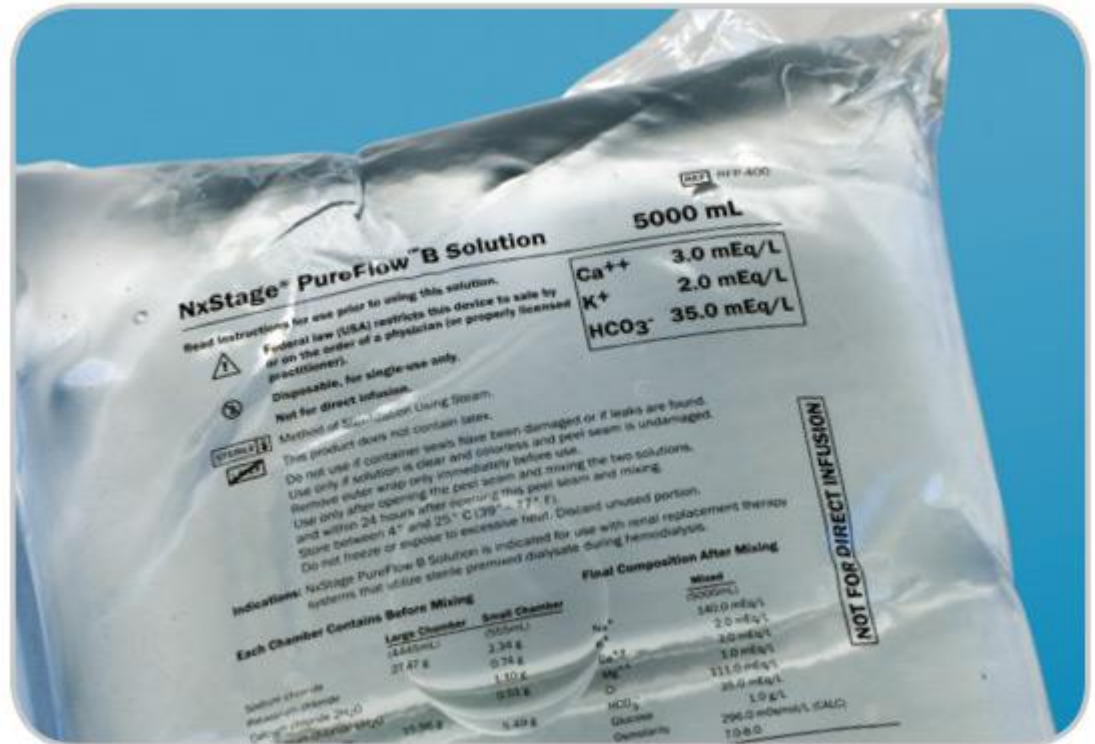
■ glukóza

- 0,1% = 1g/l = 5,5 mmol/l
- pokud není, ztráta cca 30 g glukózy
- snižuje i ztrátu aminokyselin
- zvyšuje riziko růstu bakterií
- pro diabetiky a nestabilní nemocné



Dialyzační roztoky

- bikarbonátové
- laktátové
- acetátové
- „citrátové“



Nastavení ultrafiltrace (UF)

- cílem dosažení normovolémie
- zhoršená tolerance (prodloužit / použít UF bez dialýzy)
- možné profilování UF, natria
- izolovaná, tzv. suchá UF

Fresenius Medical Care 4008 E



Dialyza



- On / Off
- Rinse
- Hotrinse
- Disinfection
- Single Needle
- Test
- Prime
- Dialysis Start
Reset Alarm
- Alarm Tone
Mute

Air Detector

Blood Leak

Override

Arterial Pressure

mm Hg

280
200
100
0
-100
-200
-300

Venous Pressure

mm Hg

500
400
300
200
100
0

Transmembrane Pressure

mm Hg

500
400
300
200
100
0

Ultrafiltration

UF Volume ml 0011

UF Rate ml/h 0500

UF Goal ml 0000

Time Left min 3-58

UF

On Off Prog

Conductivity

ms/cm

15.5
15
14.5
14
13.5
13

Conc Bic Variation

On Off Prog Set

Flow

ml/min

900
700
500
300

Temperature

°C

39
37
35

Rate (ml/min) 150

Rate (ml/min) 00.1

Blue

Red

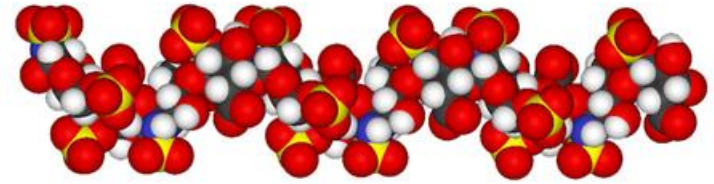


Antikoagulace



- dialyzační okruh i membrána jsou trombogenní
- kromě těžké koagulopatie nutná antikoagulace
 - systémová – heparin, LMWH, prostacyklin, hirudin
 - regionální – citrát
 - bez antikoagulace – proplachy okruhu FR /bez
 - chlazení krve na 20°C ?

Heparin



- častá, jednoduchá, levná
- váže se na AT III a inhibuje trombin (f II) a f Xa
- úvodní dávka 30-50 IU/kg (tj. 2000 – 4000 IU)
- další dávky / kontinuální podání
- monitorace pomocí aPTT nebo ACT

Heparin

- nežádoucí účinky:
 - krvácení (v nízkých dávkách vzácně)
 - rezistence nad 35 000 IU/den
 - heparinem indukovaná trombocytopenie (HIT)
- antidotum: protamin sulfát
 - 1mg neutralizuje 1mg = 100 IU heparinu
 - riziko alergie, hypotenze, poruchy koagulace
 - regionální heparinová

LMWH

- minimálně stejně účinný
- dlouhodobě méně komplikací
- riziko kumulace (chybí jaterní metabolismus), ne u nízkých dávek (do 0,4 ml/den)
- enoxaparin, nadroparin
- monitorace hladiny

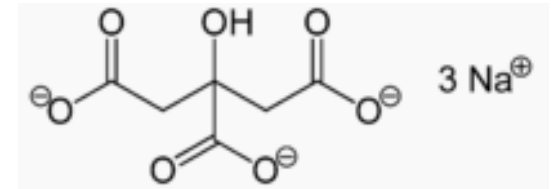
Prostacyklin

- prostaglandin tvořený cévní stěnou
- inhibuje fci tro
- rychlý nástup i odeznění
- někdy v kombinaci s heparinem
- malé riziko krvácení
- vazodilatační účinek – hypotenze
- vzácně při eliminaci
- drahý

Hirudin

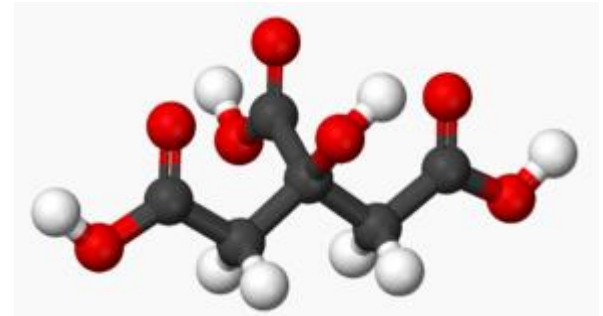
- před heparinem, nyní v rekombinantní podobě
- u pac. s rizikem HIT
- dlouhý poločas
- antigenní vlastnosti
- není antidotum
- drahý

Citrát sodný



- Ca²⁺ ionty hrají důležitou roli v koagulaci
- váže Ca²⁺ výměnou za Na⁺
- stejným způsobem váže i Mg²⁺
- metabolizován v těle (Krebsův cyklus) na CO₂ a H₂O a částečně filtrován
- při poměru ionizovaného a celkového Ca²⁺ v séru < 0,4 zvážit možnost intoxikace

Citrát II.



- infúze roztoku citrátu do arteriální linky okruhu (co nejbliže pacientovi)
- používají se dialyzační roztoky bez Ca a Mg
- intravenózní substituce CaCl_2 a MgSO_4
- udržují se normální hladiny ionizovaného Ca^{2+} v plasmě (1,12 – 1,20 mmol/l)

Citrát III.

- **výhody:**
 - není riziko krvácení
 - není závislý na AT III – spolehlivější antikoagulace
- **nevýhody:**
 - kontrola ionizovaného Ca^{2+} v plasmě (okruhu)
 - riziko hypo-(hyper-) kalcémie a magnesémie
 - nutné zvýšit filtraci o množství podaného citrátu
 - riziko hypoglykémie u dialyzačních roztoků bez glukózy (BIK F40)
 - vyšší cena

Proplachy okruhu FR

- relativně krátká procedura (4–6 hodin)
- a 20–30 min zaklemování arteriální linky a proplach cca 200ml FR
- nutno zvýšit filtraci o použitý proplach (cca 400–600 ml/hod)
- levné, u intermitentních metod poměrně spolehlivé

Provedení antikoagulace

- heparin
- LMWH
- citrát
- proplachy

Ordinace hemodialýzy

- doba trvání
- průtok krve: 100 – 250 ml/min
- dialyzační roztok
 - BIK-F58: K^+ 4 mmol/l, G 0,1% = 5,5 mmol/l
 - BIK-F40: bezkalciový: K^+ 2 mmol/l, bez G, bez Ca^{2+}
- ztráta kapaliny (ml/hod)
- teplota
- průtok dialyzátu (obvykle 500 ml/min)
- antikoagulace

Ordinace - antikoagulace

■ heparin

- bolus 3000 IU i.v. na úvod, dále 2000 IU i.v. á 2 hod
- bolus 3000 IU i.v. na úvod, dále 800 IU/hod i.v. kontinuálně

■ citrát

- citrát 3,8% 150 ml/hod, kontrola za 10 min
- CaCl_2 20ml/hod i.v. kont. / kontrola $i\text{Ca}^{2+}$ v plasmě za 1,5 hod
- MgSO_4 10% 5 ml/hod i.v. kont.

■ proplach okruhu FR 200 ml á 30 min

Příprava přístroje k eliminaci

- zajištění roztoků
- rozvody
- testování
- osazení setem
- plnění
- nastavení terapie





Příprava pacienta

- psychická – vysvětlení procesu
- fyzická
- příprava cévního vstupu
- připojení k okruhu

Péče o pacienta s akutní eliminací

- subjektivní obtíže
- hemodynamika, VF (TK, P, EKG, SaO₂, TT)
- vědomí !
- stav přístupu a končetiny !
- laboratoř (ionty, glykémie)

Péče o přístroj během eliminace

- správná funkce přístroje
- měřené tlaky (A, V, TMP)
- barva krve
- vzduch / koagula v okruhu
- odběry z okruhu
- jiné alarmy...



Péče o přístroj po eliminaci

- návrat krve pacientovi + odpojení
- konektory dialyzačních roztoků
- horká dezinfekce
- nucený proplach
- zevní dezinfekce přístroje
- kabeláž



Péče o pacienta po eliminaci

- péče o cévní vstup
- péče o pacienta

Bilance tekutin ???



Indikace akutní hemodialýzy

- přetížení tekutinami, plicní edém
 - urea > 30 mmol/l
 - kreatinin > 600 μ mol/l
 - klinicky vyjádřená urémie (encefalopatie, perikarditida, trombocytopatie...)
 - hyperkalémie > 6 mmol/l
 - hyperkalcémie > 4 mmol/l
 - těžká metabolická acidóza
 - těžká intoxikace dialyzovatelnou látkou
 - hypo-/hypertermie
- v IP často nižší hodnoty

Kontraindikace

- nesouhlas pacienta s léčbou
- infaustní prognóza (hemodialýza nezlepší prognózu nemocného)
- relativní: těžká oběhová nestabilita

