

8. Hemodialýza

8.1 Cíl a obsah měření

V úloze se seznámíte se základními principy dialýzy a některými parametry dialyzačního přístroje. Měření se provádí na dialyzačním přístroji AK 100 od firmy Gambro. V prvním měření se měří průtok kapaliny krevní cestou přes peristaltickou pumpu v závislosti na velikosti nastaveného průtoku a velikosti podtlaku vytvořeném peristaltickou pumpou na vstupní části krevního okruhu. V druhém se měří Clearancová křivka dialyzačního filtru pro daný roztok a ve třetím měření se stanovuje ultrafiltrační koeficient dialyzátoru.

8.2 Úkoly měření

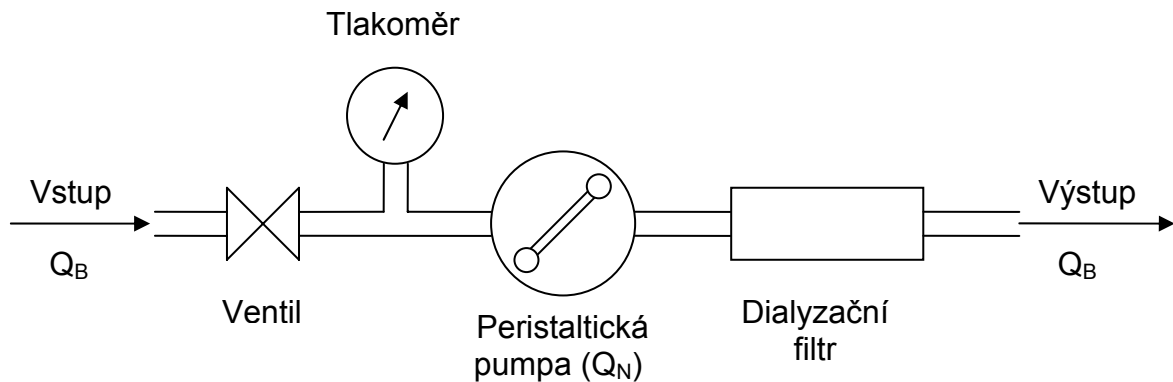
- Změřte závislost skutečného a nastaveného průtoku peristaltickou pumpou v závislosti na velikosti tlaku na vstupu krevního okruhu.
- Změřte Clearancovou křivku dialyzátoru.
- Změřte ultrafiltrační koeficient dialyzátoru.

8.3 Postup měření

Ad 8.2 a) Průtok krve mimotělním obvodem zajišťuje rotační peristaltická pumpa. Její dva okluzní válce se odvalují po části mimotělního okruhu (tlustá část hadičky, úhel opsání přesahuje 180°) a protlačují v dávkách krev dialyzátorem. V části před pumpou tím vzniká podtlak, díky kterému se do obvodu trvale nasává krev. Velikost průtoku krve (Q_B) zobrazovaná na displeji přístroje je vypočítána ze známého objemu pumpového segmentu (při nezkolabovaném kruhovém průřezu hadičky) a počtu otáček krevní pumpy. Vysoký podtlak může skutečný průtok v důsledku kolabování pružného pumpového segmentu výrazně snížit.

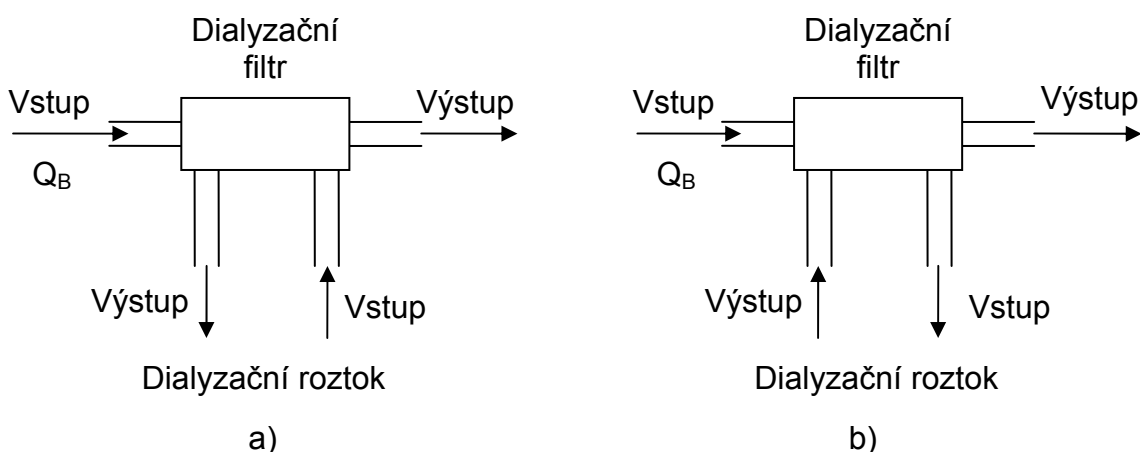
Změření průtoku

Měření proteklé kapaliny krevním okruhem lze provést několika jednoduchými způsoby. Nejjednodušší je po určitý přesně změřený časový úsek odchyťovat kapalinu z výstupu dialyzátoru do připraveného odměrného válce. Přepočtem na ml/min dostanete požadovaný údaj (pokud budete kapalinu odchyťovat přesně jednu minutu, bude průtok odpovídat množství kapaliny zachycené do odměrného válce). Další možností je zvážit odměřený díl kapaliny a ze známé hustoty vypočítat její objem.



Obr. 8.1: Schématické znázornění připojení tlakoměru a ventilu do krevní cesty

Principiálně platí, že pokud je látka odstraňovaná dialýzou z krve přítomná již v přitékajícím dialyzačním roztoku, měří se dialyzance, nikoli clearance. Použití rovnici (8.1) je možné, např. při použití dialyzovaného roztoku (v krevní cestě) s koncentrací NaCl cca 65-70 g/l. Tato koncentrace je zhruba 7-krát vyšší než koncentrace NaCl v dialyzačním roztoku a tu lze proto vůči koncentraci v simulované krvi zanedbat. Druhou variantou (čistší) je použít na krevní straně čistou vodu. Pro clearanci „krve“ pak bude platit $K = \frac{Q_B \cdot C_{Bo}}{C_{Di}}$. V obou případech se vodivost použije s jistou přibližností (závislost koncentrace a vodivosti je nelineární) místo koncentrace sodíku.



Obr. 8.2: Protiproudé a) a souproudé b) zapojení dialyzačního filtru.

Výpočet Clearance (K) pro dialyzovaný roztok s větší koncentrací NaCl než má roztok dialyzační:

$$K = Q_B \cdot \frac{C_{Bi} - C_{Bo}}{C_{Bi}} \quad (8.1)$$

Výpočet Clearance (K) pro dialyzovaný roztok s menší koncentrací NaCl než má roztok dialyzační:

$$K = Q_B \cdot \frac{C_{Bo} - C_{Bi}}{C_{Bo}} \quad (8.2)$$

Pokud má vámi připravený roztok NaCl větší koncentraci než roztok dialyzační, použijte pro výpočet Clearance vzorec 8.1. Pokud má koncentraci menší, použijte vzorec 8.2.

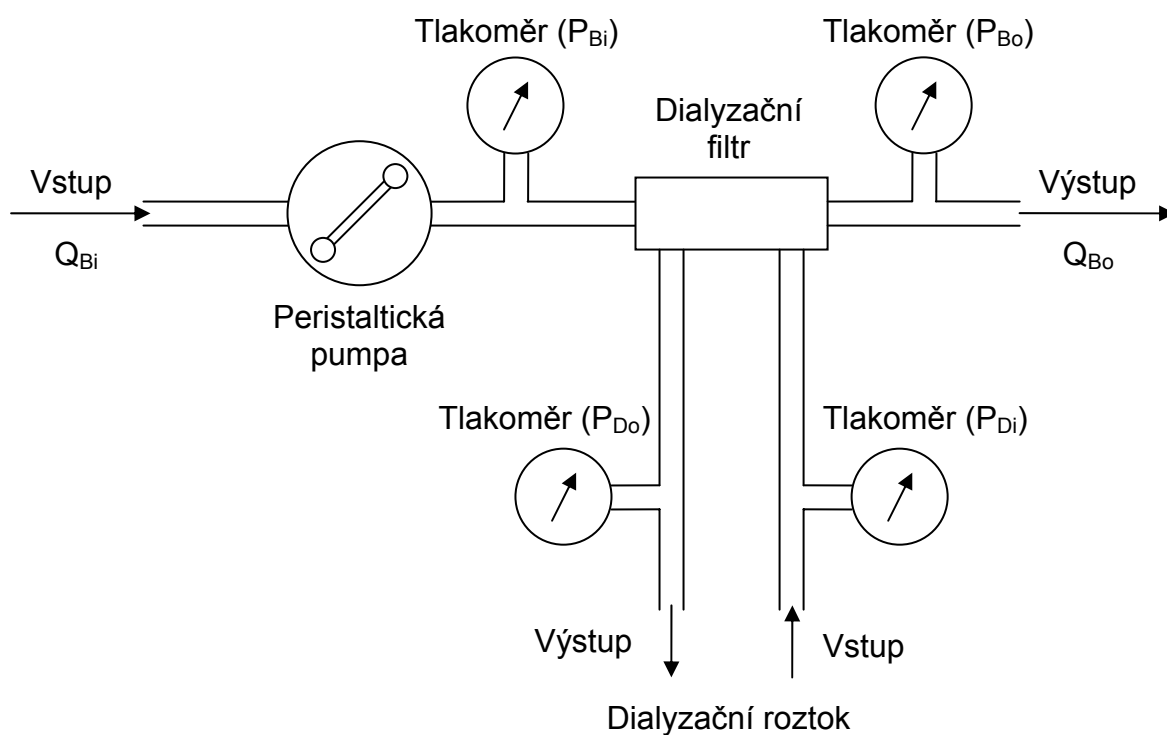
Ad 8.2 c) Ultrafiltrační schopnost dialyzátoru charakterizuje tzv. ultrafiltrační koeficient (KUF), představující propustnost dialyzátoru pro vodu. Udává se l/hod/mmHg. V tomto měření stanovte ultrafiltrační koeficient pomocí nastavování transmembránového tlaku TMP na dialyzačním přístroji a odečtením přístrojem vypočtené hodnoty rychlosti ultrafiltrace UFR. Tento výpočet je sice nepřesný, ale pro toto měření postačí. Pro přesnější měření je potřeba měřit vstupní a výstupní objem vody a tlaky v okruhu před a za dialyzačním filtrem, viz Obr. 8.3.

Výpočet transmembránového tlaku dialyzátoru TMP:

$$TMP = \frac{P_{Bi} + P_{Bo}}{2} - \frac{P_{Di} + P_{Do}}{2} \quad (8.3)$$

Výpočet rychlosti ultrafiltrace UFR:

$$UFR = \frac{Q_{Bi} - Q_{Bo}}{t} \quad (8.4)$$



Obr. 8. 3: Zapojení tlakoměrů pro měření TMP.

Výpočet ultrafiltračního koeficientu dialyzátoru KUF:

$$KUF = \frac{UFR}{TMP} \quad (8.5)$$

Vztah (8.5) bude vhodné použít jen pro prvních pár hodnot UFR, TMP a dále již vždy počítat KUF z přírůstků UFR a TMP, tj. vztah (8.6)

$$KUF = \frac{\Delta UFR}{\Delta TMP} = \frac{UFR_{i+1} - UFR_i}{TMP_{i+1} - TMP_i} \quad (8.6)$$

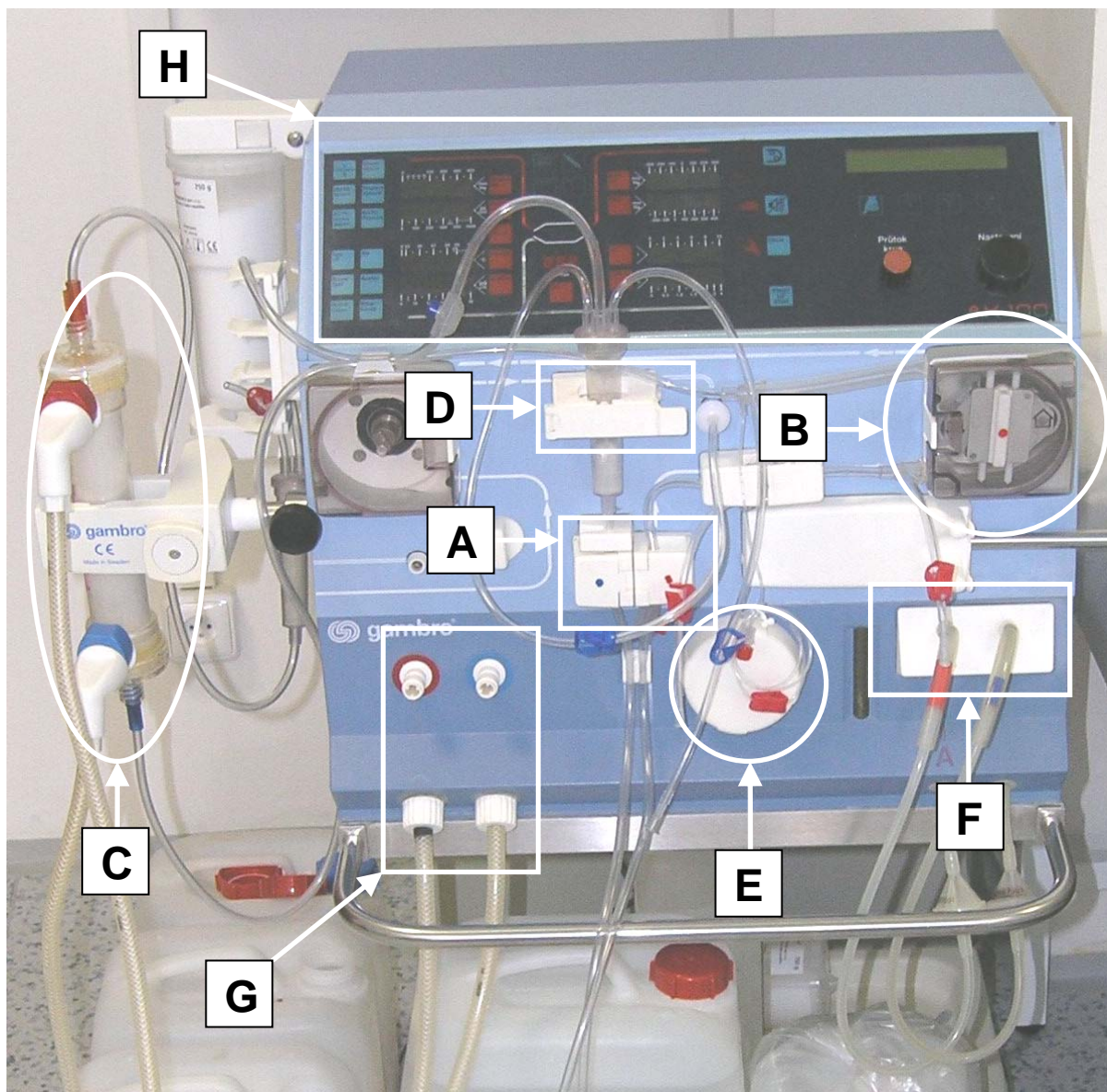
Tím se zachytí případný ohyb ultrafiltrační charakteristiky pro vyšší hodnoty TMP.

8.4 Použité přístroje a pomůcky

Dialyzační přístroj AK 100	1 ks
Dialyzační filtr	1 ks
Krevní set	1 ks
Konduktometr	1 ks
Tlakoměr	1 ks
Odměrný válec	1 ks
Stopky	1 ks
Nádoba s roztokem NaCl	1 ks

8.5 Další informace k úloze

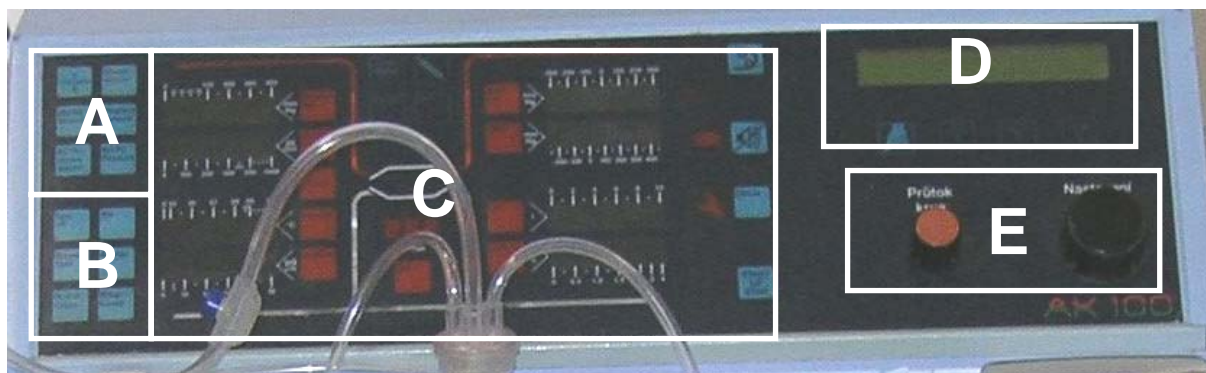
Popis dialyzačního přístroje AK 100.



Obr. 8.4: Popis dialyzačního přístroje AK 100

- A) Škrťací klapky.
- B) Peristaltická oběhová pumpa.
- C) Dialyzační filtr.
- D) Ultrazvukový detektor vzduchových bublinek v krvi.
- E) Optický detektor úniku krve do dialyzačního roztoku.
- F) Trubice k nasávání koncentrářů pro míchání dialyzačního roztoku.
- G) Výstup hadic pro připojení okruhu s dialyzačním roztokem k dialyzačnímu filtru.
- H) Ovládací panel.

Popis ovládacího panelu:



- A) Hygienická skupina tlačítek.
- B) Terapeutická skupina tlačítek.
- C) Souhrný panel tlačítek a bargrafů. Zde lze nastavovat hodnoty tlaku, průtoku, vodivosti, hodnotu ultrafiltrace a další. Na bargrafu se obvykle zobrazují dvě až tři řady diod. Zelená značí nastavenou hodnotu, žlutá skutečně změřenou a červená řada značí nastavené meze. Pokud skutečná hodnota překročí tyto nastavené meze, spustí se alarm.
- D) Displej. Pod displejem jsou tlačítka ve tvaru šipek. Pomocí stisknutí některého z nich, lze nastavit příslušnou hodnotu nacházející se na displeji nad daným tlačítkem. Pokud údaj na displeji bliká, lze ho pomocí knoflíku pod displejem změnit.
- E) Levý knoflík slouží k nastavení průtoku krve. Pravý knoflík pro nastavení vybrané hodnoty na displeji.

Postup uvedení přístroje do chodu:

- 1) Připojte celý krevní okruh do přístroje a připojte k němu dialyzační filtr.
- 2) Zkontrolujte, zda jsou všechny hadičky správně připojené a na postranních vývodech zacvaklá všechna škrťítka.
- 3) Otevřete přívod vody.
- 4) Zapněte osmózu.
- 5) Zapněte AK 100.
- 6) Počkejte než doběhne funkční test přístroje (dokud nesvítí na středním displeji hodiny).

Za běhu přístroje neodpojujte žádné hadičky ani škrťítka bočních vývodů krevního okruhu a neodšroubovávejte kryt detektoru úniku krve do dialyzačního roztoku! Hrozí vylití kapaliny.

Literatura:

[8.1] AK 100 Operator's manual. Servisní manuál, HC E-6866 Rev. 05, Gambro, 1992.