

# Płynoterapia – KRYSTALOIDY

Paulina Kołat



# Właściwości idealnego środka osoczozastępczego:

- ciśnienie onkotyczne zbliżone do ciśnienia onkotycznego krwi i osocza,
- zdolność do przenoszenia tlenu,
- zdolność do pozostawania odpowiednio długo w łożysku naczyniowym,
- całkowity metabolizm w ustroju (środek jaki i jego składników),
- brak działań niepożądanych,
- brak wpływu na wynik próby krzyżowej krwi,
- farmakologiczna obojętność środka,
- tani,
- łatwy do wyprodukowania i przechowywania

# KRYSTALOIDY

Do tej grupy zaliczamy płyny które mogą swobodnie dyfundować przez błonę półprzepuszczalną.

- Wodne roztwory elektrolitowe.
- Wodne roztwory niskocząsteczkowych węglowodanów.
- Mogą swobodnie dyfundować przez błonę naczyń włosowatych i dlatego co najwyżej 1/3 ich objętości pozostaje w obrębie naczyń.

# KRYSTALOIDY

- Roztwory hipotoniczne (wodne roztwory glukozy, płyn nawadniający interwencyjny).
- Roztwory izotoniczne (0,9% NaCl, roztwory Ringera, płyn wieloelektrolitowy).
- Roztwory hipertoniczne (stężone roztwory NaCl, glukozy).

mEq/l	Na	K	Cl	Zasada	Ca	Mg	pH	Osmol.
ECF	138	5	108	27	5	3	7,4	Izotoniczny (295mosmol/l)
5%glukoza	-	-	-	-	-	-	4,5	Hipotoniczny (278mosmol/l)
0,9% NaCl	154	-	154	-	-	-	6,0	Izotoniczny (308mosmol/l)
Ringer mleczanowy *	130	4	109	28	3	-	6,5	Izotoniczny
Sterofundin *	140	4	106	45	2,5	1		Izotoniczny (299mosmol/l)
PWE **	141,5	5,1	109	34	4	2		Izotoniczny (301mosmol/l)
Jonosteril **	137	4	110	37	1,7	1,3		Izotoniczny
Płyn nawadniający interwencyjny **	40	35,62	40, 14	20				Hipotoniczny (143mosmol/l)

, \*zawieraj **mleczan** jako zasadę; \*\* zawierają **octan** jako zasadę

# KATIONY:

- Na<sup>+</sup>** podstawowy kation ECF, ma decydujący wpływ na objętość ECF więc też wewnątrznaczyniową; wpływa na osmolarność płynów.
- K<sup>+</sup>** główny kation ICF, centralna rola w elektrofizjologii komórki.
- Ca<sup>2+</sup>** niezbędny do przewodzenia pobudzeń w neuronach i złącza nerwowo - mięśniowym, element układu krzepnięcia.
- Mg<sup>2+</sup>** potrzebny do stymulacji nerwowo-mięśniowej.

# CHLORKI I ZASADY:

**Cl<sup>-</sup>** najważniejszy anion ECF, odpowiada za 1/3 całkowitej pozakomórkowej aktywności osmolarnej, rola w ustalaniu potencjału błonowego.

Wlew płynów nie zawierających fizjologicznego buforu pod postacią **wodorowęglanu** powoduje kwasicę z rozcieńczenia, ponieważ taki wlew rozcieńcza (zmniejsza) stężenie HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (zasady buforującej) w całym przedziale pozakomórkowym, podczas gdy ciśnienie parcjalne CO<sub>2</sub> (kwasu buforowego) pozostaje niezmienione.

# Sól „fizjologiczna”

- Izotoniczna,
- Zawiera
  - 154 mEq Cl/l (osocze 103 mEq/l)
  - 154 mEq Na/l (osocze 140 mEq/l)
- Brak innych elektrolitów i wodorowęglanów lub ich prekursorów.

Zależna od aldosteronu absorpcja  $\text{Na}^+$  w dystalnych kanalikach nerkowych wymaga jednoczesnej sekrecji  $\text{K}^+$  lub  $\text{H}^+$ .  
Nadmierna podaż  $\text{Cl}^-$  powoduje zaburzenie równowagi jonowej i upośledzoną sekrecję  $\text{K}^+$  i  $\text{H}^+$  co zagraża KWASICĄ HIPERCHLOREMICZNĄ



# „Bardziej fizjologiczny” Mleczan Ringera

- Zawiera  
Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> oraz 28mEq/l mleczanów
- Mleczany mogą być wykorzystane w wątrobie w glukoneogenezie. Proces ten zużywa wolny H<sup>+</sup> do produkcji dwuwęglanów i glikogenu a to może spowodować zasadowicę metaboliczną.

ZASADOWICA METABOLICZNA U DOROSŁYCH  
JEST ZAWSZE JATROGENNA

## Płyn nawadniający interwencyjny hipotoniczny:

- Zawiera
  - 40 mEq Cl/l (osocze 103 mEq/l)
  - 40 mEq Na/l (osocze 140 mEq/l)
  - 35,6 mEq K/l (osocze 4,5 mEq/l)
- Jego osmolarność jest prawie 2 x mniejsza od osmolarności osocza (143mosmol/l),
- Sprzyja szybkiemu przenikaniu wody do wnętrza odwodnionych komórek i uzupełnianiu niedoborów elektrolitów wewnątrzkomórkowych.

# Płyn nawadniający interwencyjny hipotoniczny:

- Wskazany w odwodnieniu hipertonicznym w wyniku:
  - udaru cieplnego,
  - gorączki,
  - obfitego pocenia,
  - śpiączki cukrzycowej,
  - biegunki niemowląt,
  - zmniejszonej podaży płynów w długotrwałej utracie przytomności,
- Nie należy go podawać jednocześnie z:
  - glikozydami nasercowymi,
  - antagonistami aldosteronu,
  - diuretykami oszczędzającymi potas,
  - aminoglikozydami,
  - lekami antycholinergicznymi,
  - NLPZ-tami.

# Glukoza 5%

- Glukoza w organizmie ulega metabolizmowi ( 5%→50g/1litr →4 kcal/g x 50=200kcal/litr); po zmetabolizowaniu pozostaje wolna woda, która jest rozprowadzana pomiędzy kompartmentami
- Hipotoniczna – 253 mOsmol/l
- pH 4,5

Podanie dużej ilości 5%glukozy prowadzi do wystąpienia hemodilucji; objętość płynu wewnątrz- i zewnątrzkomórkowego wzrasta, a stężenie Na<sup>+</sup> w surowicy obniża się.

**5% Glukoza jest przeciwwskazana w patologjach OUN, urazach czaszkowo-mózgowych ze względu na ryzyko nasilenia obrzęku mózgu( jest hipotoniczna) oraz kwasicy tkankowej towarzyszącej hiperglikemii.**

# Krystaloidy jako płyny osoczozastępcze:

Na<sup>+</sup> występuje przede wszystkim w przedziale zewnątrzkomórkowym, w 25% śródnacyniowo, w 75% w śródmiąszu. Na<sup>+</sup> podane z innymi elektrolitami roztworze krystaloidowym rozmieści się podobnie, z czego wynika, że z przetoczonego 1000ml 0,9% NaCl 250ml pozostanie w łożysku nacyniowym a 750ml przemieści się do śródmiąszu.

Przyrost objętości będzie wynosił :

osocza – 275ml  
płynów międzykomórkowych – 825ml  
łącznie – 1100ml

Wynika to z przesunięcia płynu z przestrzeni wewnątrzkomórkowej do zewnątrzkomórkowej, ponieważ sól fizjologiczna jest w rzeczywistości hipertoniczna w stosunku do płynu pozakomórkowego (308mosm/l v 285mosm/l).

# Kryształoidy jako płyny osoczozastępcze:

Aby uzupełnić utratę krwi wynoszącą 1000ml należy przetoczyć ok. 4 – 6 x większą objętość kryształoidów → 4 – 6 l



Przyrost osocza - 1 l

Przyrost płynu śródmiąższowego 3 - 5 l



↓ ciśnienia koloidoosmotycznego



Obrzęki obwodowe  
( skóra i tk. podskórna)



gorsze gojenie ran  
i przyrost masy ciała



obrzęki innych tkanek



**śródmiąższowy obrzęk płuc**



**niewydolność oddechowa**

## Krystaloidy jako płyny osoczozastępcze:

- Pojawienie się obrzęków obwodowych może sugerować przewodnienie mimo rzeczywistego niedoboru objętości wewnątrznaczyniowej.
- Obrzęk płuc i niewydolność oddechowa wpływają na przedłużoną hospitalizację i często konieczność leczenia w OIT.
- ok. 3 dnia leczenia dużymi objętościami krystaloidów w wyniku redystrybucji płynu do łożyska naczyniowego może dojść do niewydolności krążenia.

# KRYSTALOIDY:

- Brak wpływu na hemostazę.
- $\text{Ca}^{2+}$  (zawarty w roztworach Ringera, Sterofundinie, PWE, Jonosterilu ) może wiązać się z niektórymi lekami, takimi jak: cefamandol, amfoterycyna, tiopental, kwas E-aminokapronowy, i ograniczać ich skuteczność.
- Płyny zawierające  $\text{Ca}^{2+}$  wykazują niezgodność całkowitą z preparatami krwi zawierającymi antykoagulant cytrynianowy gdyż jest on wiązany przez wapń.



## Pojemność buforująca płynów infuzyjnych

- Kwasy z rozcieńczenia możemy zapobiec stosując płyny zawierające prekursory wodorowęglanów.
- Jako zasad ulegających metabolizmowi używa się najczęściej mleczanów i octanów.
- Dołączając jony  $H^+$  i tlen aniony te są metabolizowane w tkankach ustroju z wytworzeniem  $HCO_3^-$  w ilościach ekwimolarnych.

# OCTANY:

- Enzymy potrzebne do metabolizowania octanów znajdują się we wszystkich tkankach, zwłaszcza w wątrobie, mięśniach, mięśniu sercowym i korze nerek.
- Octany zastępują tłuszcz jako paliwo, bez wpływu na utlenianie glukozy.
- Zastosowanie:
  - wyrównywanie kwasicy u wcześniaków,
  - leczenie mleczanowej kwasicy cukrzycowej,
  - alkalizacja moczu,
  - zmniejszenie wydalania wapnia,
  - wyrównywanie kwasicy u pacjentów z niewydolnością wątroby i nerek – np. we wstrząsie.

# MLECZANY:

- Metabolizm mleczanów przebiega głównie w wątrobie i nerkach.
- Przetoczenie pacjentowi z kwasicą mlecznową płynów infuzyjnych zawierających mleczały nieodmiennie zaostrzy tą kwasicę a ponadto uniemożliwi wykorzystanie mleczanów jako markerów niedotlenienia.
- W podstawowej przemianie materii glukoneogeneza odpowiada za 20% a utlenianie za 80% metabolizmu mleczanów; gdy mleczały podaje się z zewnątrz – do 70% podanej dawki może zostać wykorzystane w glukoneogenezie – śródoperacyjne podanie Ringera mleczanowego u pacjentów z cukrzycą może spowodować dwukrotne podwyższenie stężenia glukozy w surowicy.
- Początek alkalizacji jest wolniejszy w porównaniu z octanami.

# Wady i zalety krystaloidów:

Zalety	Wady
Zrównoważony skład elektrolitów	Krótkotrwałe utrzymywanie się w naczyniach
Właściwości buforujące (octany, mleczany)	Konieczność stosowania dużych objętości
Łatwe do podania	Ryzyko wywołania hipotermii
Brak ryzyka reakcji niepożądanych	Obniżenie COP osocza
Brak wpływu na hemostazę	Ryzyko obrzęków
Zwiększanie diurezy	Ryzyko przewodnienia
Niska cena	Wpływ na rozwój MODS?

## Właściwości idealnego środka osoczozastępczego:

- ciśnienie onkotyczne zbliżone do ciśnienia onkotycznego krwi i osocza - NIE,
- zdolność do przenoszenia tlenu - NIE,
- zdolność do pozostawania odpowiednio długo w łożysku naczyniowym - NIE,
- całkowity metabolizm w ustroju (środka jaki i jego składników) - TAK,
- brak działań niepożądanych - TAK,
- brak wpływu na próbę krzyżową krwi - TAK,
- farmakologiczna obojętność środka - NIE,
- Tani - TAK,
- łatwy do wyprodukowania i przechowywania – TAK.

# WNIOSKI:

- Krystaloidy izotoniczne mogą być stosowane do uzupełniania płynów w odwodnieniu hipotonicznym i izotonicznym.
- W odwodnieniu hipertonicznym do uzupełniania płynów możemy zastosować Płyn Nawadniający Interwencyjny Hipotoniczny i 5% Glukozę.
- Jako środek osoczozastępczy tylko przy utracie niewielkiej objętości krwi.
- We wstrząsie, niewydolności wątroby i nerek wskazane są płyny zawierające octany.

# Roztwory HIPERTONICZNE:

Badane parametry	HyperHaes (Fresenius)	RescueFlow (Biophausia)
Stężenie elektrolitów	7,2% NaCl	7,5% NaCl
Sód (mmol/l)	1232	1282
Osmolarność(teoretyczna) (mosmol/l)	2464	2567
Koloid	hydroksyetylowana skrobia	dekstran
Stężenie koloidu (%)	6	6
Śr. M.cz. (kDa)	200	70

## Roztwory HIPERTONICZNE – mechanizm działania

- Szybkie uruchomienie endogennego płynu i przesunięcie go do przestrzeni wewnątrznacyniowej
- Płyn głównie mobilizowany z obszaru wewnątrzkomórkowego, przede wszystkim:
  - erytrocyty
  - komórki endotelium naczyń
- Przyrost objętości krwi krążącej = 3-4 x obj. przetoczona
- odwodnienie komórek endotelium → poprawa przepływu w mikrokrażeniu → zwiększona podaż tlenu do tkanek.



# Roztwory HIPERTONICZNE

Uważa się, że działanie 7,5% NaCl, którego osmolarność wynosi 2400 mosm/l, poprawia hemodynamikę nie tylko poprzez zwiększenie objętości krwi krążącej, ale również poprzez bezpośredni efekt rozszerzający naczynia w krążeniu systemowym i płucnym, poprawę powrotu żylnego i wzrost kurczliwości mięśnia sercowego.

# Roztwory HIPERTONICZNE

- Efekt objętościowy hipertonicznej soli trwa krótko (**30 do 90 minut**) i aby go przedłużyć dodawane są roztwory koloidów,
- Korzyści płynące z zastosowania tych roztworów ( na podstawie badań eksperymentalnych Kreimeier i Messmer):
  - natychmiastowe zwiększenie BP i CO, przy zmniejszeniu obwodowych oporów naczyniowych
  - zwiększenie przepływu w mikrokrażeniu i zmniejszenie następstw niedokrwienia i reperfuzji,
  - zwiększenie diurezy – wskaźnika poprawy funkcji narządów,
  - podwyższenie wskaźnika przeżywalności.

## Roztwory HIPERTONICZNE – wskazania:

- Leczenie ciężkiej hipowolemii i wstrząsu ( gł. w warunkach przedszpitalnych),
- Chirurgia naczyń i serca,
- Leczenie w OIT pacjentów z podwyższonym ICP, we wczesnej fazie choroby oparzeniowej, we wstrząsie septycznym.

DAWKOWANIE 2 - 4ml/kg mc we wlewie trwającym 2-5 min

## Roztwory HIPERTONICZNE – powikłania:

- Śpiączka hiperosmolarna,
- Hipernatremia,
- Hipokaliemia,
- Drgawki,
- Zaburzenia rytmu serca,
- Działanie inotropowo (-) przy szybkim wlewie,
- Reakcje anafilaktoidalne;
- Zaburzenia krzepnięcia.

Wynikają one ze składu krystaloidów oraz obecności koloidów w preparatach.



**Dziękuję za uwagę**

- **(ciśnienie hydrostatyczne na pre- i w postkapilarach oraz stałe ciśnienie onkotyczne – z reguły ok. 25 mm Hg**

– wzrost stężenia  $\text{Na}^+$  o 5 mmol/l

= wzrost osmolarności osocza o 10 mOsm/kg  
mc

= wzrost ciśnienia osmotycznego o 186mmHg  
(ciśnienie osmotyczne

wywierane przez prawidłowe białka osocza to ok.  
23 mmHg)