

Zaburzenia wodno-elektrolitowe

Dr n.med. Łukasz Karpiński

Woda w organizmie

- Płyn zewnątrzkomórkowy (ECF) = płyn wewnątrznacyniowy + płyn śródmiąższowy
- Płyn wewnątrzkomórkowy (ICF)
- Całkowita objętość wody w organizmie (TBW) = ICF+ECF

- Wcześnieńnik – woda to ok. 80% (płyn zewnątrzkomórkowy 70%)
- Noworodek donoszony ok.75% (płyn zewnątrzkomórkowy 45%)
- Im bardziej niedojrzały noworodek tym większy procent masy ciała stanowi ECF.

- Wcześnieńniki po porodzie tracą więcej płynów, gdyż mają większą diurezę.
- Utrata wody następuje również przez skórę, stolec, żołądek.

Utrata płynów przez nerki

Zaburzenia równowagi sodowej i wodnej są powszechne u noworodków przedwcześnie urodzonych. Spowodowane jest to:

- Obniżoną filtracją kłębuszkową
- Obniżoną reabsorpcją sodu w cewkach proksymalnych
- Obniżoną zdolnością do zagęszczania lub rozcieńczania moczu
- Obniżoną sekrecją jonów wodorowęglanowych, potasu i wodoru.

Utrata pozanerkowa

Spowodowana jest:

- Podwyższoną ciepłotą ciała
- Promienniki cieplne
- Fototerapia
- Niedojrzałość skóry
- Uszkodzenia skóry
- Duża ilość oddechów
- Utrata ze stolcem

Niewidoczna utrata wody

Urodzeniowa masa ciała	IWL
750-1000	82
1001-1250	56
1251-1500	46
>1501	26

Woda w organizmie

Nerki

- Diureza na poziomie 45ml/kg/dobę lub 2ml/kg/godz. umożliwia prawidłowe wydalanie substancji przez nerki
- Mechanizmy transportu zwrotnego są u wcześniaków niedojrzałe.
- Łatwo dochodzi do odwodnienia, hipernatremii, hiponatremii, mniejsza możliwość kompensacji kwasicy.

Nerki

- Nasilona diureza w pierwszych dobach jest fizjologiczna.
- Prowadzi do utraty 5-10% początkowej masy urodzeniowej u noworodków donoszonych i do 15% u wcześniaków.

Woda w organizmie

Skóra

- Utrata płynów przez skórę ma największe znaczenie poniżej 28tc.
- Wcześniejak w 24tc. Może stracić 200ml/kg dziennie. Noworodek donoszony 10 razy mniej.

Woda w organizmie

Układ oddechowy

- Utrata zależy od dojrzałości oraz od ilości oddechów.
- Większe znaczenie ma utrata przez skórę.

Prenatalna sterydoterapia

- Zmniejsza utratę wody

Monitorowanie gospodarki wodnej

Badanie przedmiotowe

- Ocena czynności serca
- Ciśnienie tętnicze
- Powrót włóściwkowy
- Napięcie powłok skórnych
- Wygląd śluzówek
- Wypełnienie ciemiączka,
- Pomiar masy ciała

Monitorowanie gospodarki wodnej

Ocena podaży oraz utraty

- Dokładne obliczanie ilości podawanych płynów.
- Dokładna ocena utraty płynów – pomiar ilości moczu, stolca, ocena

Ocena poziomu elektrolitów w surowicy

- Początkowo nawet codziennie, następnie co najmniej 1 raz w tygodniu.
- Ocena pH oraz ciśnienia parcjalnego dwutlenku węgla

Monitorowanie gospodarki wodnej

- Ocena poziomu elektrolitów w moczu i ciężar właściwy moczu

Frakcyjne wydalanie sodu

$$FENa = \frac{(\text{Na w moczu} \times \text{kreatynina w osoczu})}{(\text{Na w osoczu} \times \text{kreatynina w moczu})} \times 100$$

<1% - czynnik przednerkowy obniżający przepływ krwi

1%-2,5% - ostra niewydolność nerek

>2,5% - często spotykany u noworodków poniżej 32 t.c.

Monitorowanie gospodarki wodnej

DIAGNOSTYCZNO-PODOPLECHY SZPITAL KLINICZNY UNIWERSYTETU MEDYCZNEGO IM. KAROLA MARCINKOWSKIEGO W POZNANIU
ul. Polna 33, 60-533 Poznań

F16 - SzN
Wydanie 1 | Strona 2 z 2

KARTA ŻYWIENIA PARENTERALNEGO

Zasady żywienia parenteralnego ESPEN IESPGHAN 2005

PLNYN (ml/kg)	1 doba	2 doba	3 doba	4 doba	5 doba	6 doba
< 1500 g	80 - 90	100 - 110	120 - 130	130 - 150	140 - 180	160 - 180
> 1500 g	60 - 80	80 - 100	100 - 120	120 - 140	140 - 160	140 - 160
Noworodek доношений	60 - 120	80 - 120	100 - 130	120 - 150	140 - 160	140 - 160

SKŁADNIK	PODAŻ	CEL	UWAGI
BIALKO	Pełnotłowa: 2 g/kg/dobę Zwiększać u wcześniaków o 0,5 g/kg/dobę u доношений o 1,0 g/kg/dobę	< 1000 g 3,5 - 4,0 g/kg/dobę > 1000 g 3,0 - 3,5 g/kg/dobę n. доношений 2,5 - 3,0 g/kg/dobę	Kalorie pochodzące z białka nie mogą przekraczać 10 - 12% dostarczonych kalorii
GLUKOZA	Pełnotłowa 5 - 8 g/kg/min	< 1000 g 12 - 16 g/kg/dobę 0,8 - 12 mg/kg/min n. доношений 15 - 18 g/kg/dobę 0,10 - 13 mg/kg/min	Kalorie pochodzące z glukozy nie mogą przekraczać 40 - 55% całkowitych kalorii. Zwiększać podaż o 2 g/kg/dobę
LIPIDY	Pełnotłowa 0,5 - 1 g/kg/dobę Zwiększać u wcześniaków o 0,5 - 1,0 g/kg/dobę u доношений o 1,0 g/kg/dobę	< 32 Lc 3 - 4 g/kg/dobę > 32 Lc 4 g/kg/dobę	Kalorie pochodzące z lipidów nie mogą przekraczać 40 - 50% wszystkich dostarczonych kalorii pod kontrolą: Trójglicerydów < 150 mg/dl Cholesterolu < 250 mg/dl

SKŁADNIK ODŻYWCZY	ZAPOTRZEBOWANIE	WARTOŚCI PRAWDIWE	PREPARATY	UWAGI
SOD	1 - 3 mEq/kg/dobę	135 - 145 mg/dl	10% NaCl 1 ml = 1,7 mEq (mmol) 0,9% NaCl 1 ml = 0,154 mEq	podawać jeśli poziom Na jest < 130 mg/dl
POTAS	2 - 3 mEq/kg/dobę	3,5 - 5,5 mEq/l	15% KCl 1 ml = 2 mEq (mmol)	
WAPN	1 - 3 mEq/kg/dobę		10% Calcium gluconate 1 ml = 6 mg Ca ⁺⁺ = 0,5 mEq = 0,23 mmol	zachować stosunek 2:1 Ca do PO ₄
FOSFOR	1 mmol/kg/dobę		Aediphos: 1 ml = 2 mmol P; 1,5 mmol K; 1,5 mmol Na Glicophos: 1 ml = 1,0 mmol P; 2,0 mmol Na = 31 mg P	
MAGNEZ	0,2 - 2 mmol/kg		20% MgSO ₄ 1 ml = 0,8 mmol	uwaga! na podwyższony poziom w pierwszych dobach życia

OBJĘTOŚCI LEKÓW

Ampicylina	1 ml - 50 mg	Klafid	1 ml - 2 mg
Gentamycyna	1 ml - 1 mg	Motronidazol	1 ml - 5 mg
Meronsim	1 ml - 20 mg	Claforan	1 ml - 100 mg
Wankomycyna	1 ml - 5 mg	Furosemid	1 ml - 4 mg
Tienam	1 ml - 5 mg	Diffucan	1 ml - 2 mg
Targocid	1 ml - 8 mg	Perfalgan	1 ml - 10 mg

DIAGNOSTYCZNO-PODOPLECHY SZPITAL KLINICZNY UNIWERSYTETU MEDYCZNEGO IM. KAROLA MARCINKOWSKIEGO W POZNANIU
ul. Polna 33, 60-533 Poznań

F16 - SzN
Wydanie 1 | Strona 1 z 2

KARTA ŻYWIENIA PARENTERALNEGO

Imię i nazwisko: _____ Data urodzenia: _____ Nr Kł. Okręgowy: _____ Oddział: _____

CAŁKOWITA OBJĘTOŚĆ PLYNÓW (ml/kg/dobę) = _____ (ml/dobę)

W tym: T, gotowa: _____ ml aqua + _____ j. heparyny

Preparaty krwiotętnodajne: _____ ml

Inne: _____ ml

Karmienie enteralne = _____ ml = _____ kcal/kg/d

Białko _____ g/100
 Tłuszcz _____ g/100
 Węglowodany _____ g/100

Karmienie parenteralne = _____ ml = _____ kcal/kg/d

Białko _____ g/100
 Tłuszcz _____ g/100
 Węglowodany _____ g/100

Razem: _____ kcal/kg/d

Preparat do PN	Żądana ilość (ml lub mg)	Potwierdzenie wykonania zleśenia (godzina : podpis)
10% Primene		
5% glukoza		
10% glukoza		
20% glukoza		
10% Calcium	mmol/100	
10% Sodium Chloratum	mmol/100	
10% Kalium Chloratum	mmol/100	
Glycophos P	mmol/100	
Na	mmol/100	
20% Mg SO ₄		
Peditra		
Heparyna		

Przepliw: _____ ml/godz.

GODZINA	20 ⁰⁰	23 ⁰⁰	2 ⁰⁰	5 ⁰⁰	8 ⁰⁰	11 ⁰⁰	14 ⁰⁰	17 ⁰⁰	20 ⁰⁰
przepliw (ml/godz.)									
podat (ml)									

30% SMOFlipid

1/steroid

Soluxi

Przepliw: _____ ml/godz.

GODZINA	20 ⁰⁰	23 ⁰⁰	2 ⁰⁰	5 ⁰⁰	8 ⁰⁰	11 ⁰⁰	14 ⁰⁰	17 ⁰⁰	20 ⁰⁰
przepliw (ml/godz.)									
podat (ml)									

Podpis | pracownik lekarski

Zaburzenia izonatremiczne

Odwodnienie izonatremiczne

- Utrata przez torakotomię, sondę żołądkową, drenaż komorowy, utrata do trzeciej przestrzeni (zapalenie otrzewnej, wytrzewienie, przepuklina pępowinowa)
- Utrata masy ciała, obniżenie diurezy i wzrost ciężaru właściwego moczu, słabe napięcie skóry, tachykardia, hipotensja, kwasica metaboliczna i wzrost BUN.
- Odpowiednia podaż wody i sodu (0,9% NaCl)

Zaburzenia izonatremiczne

Obrzęki

- Nadmierna podaż płynów, niewydolność serca, posocznica
- Obrzęki, wzrost masy ciała i hepatomegalia
- Restrykcja podaży sodu oraz wody

Hiponatremia

- $\text{Na} < 128 \text{ mmol/dl}$
- W pierwszych dobach życia częściej jest odzwierciedleniem zbyt dużej ilości płynów, niż małego stężenia sodu.
- Może być efektem SIADH.
- Objawy to drgawki oraz letarg. Występują przy stężeniu $\text{Na} < 120 \text{ mmol/dl}$. Ta sytuacja wymaga wlewu 10% NaCl (6ml/kg). Podnosi to poziom Na o 5 mmol/dl. Dalsza korekcja powinna trwać 1-2 dni.

Hiponatremia związana ze zmniejszonym poziomem ECG

- Leki moczopędne, diureza osmotyczna, noworodki przedwcześnie urodzone, utrata żołądkowo-jelitowa, straty ECF do trzeciej przestrzeni (zmiany martwicze skóry, martwicze zapalenie jelit)
- Obniżenie masy ciała, słabe napięcie skóry, tachykardia, wzrost BUN, kwasica metaboliczna
- Zmniejszenie utraty sodu, podaż wody i sodu.

Hiponatremia z prawidłową objętością ECF

- Nadmierna podaż płynów i zespół nieprawidłowego wydzielania hormonu antydiuretycznego (SIADH)
- Czynniki powodujące SIADH – ból, podaż opioidów, IVH, niedotlenienie, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, odma opłucnowa i wentylacja mechaniczna
- Wzrost masy ciała bez towarzyszących obrzęków, obniżona diureza wraz ze zwiększoną osmolarnością moczu
- Restrykcja płynów, furosemid, podaż 3% NaCl

Hiponatremia z nadmierną objętością ECF

- Posocznica z obniżonym rzutem serca, późny NEC, niewydolność serca
- Przyrost masy ciała i obrzęków
- Leczenie choroby podstawowej oraz ograniczenie podaży płynów

Hiponatremia

- W późniejszych dobach życia hiponatremia wynika z niedoboru sodu.
- Przyczyny to: mała podaż Na, diuretyki, niedobór mineralokortykoidów

Hipernatremia z prawidłową lub zmniejszoną objętością ECF

- Zwiększona nerkowa lub niewidoczna utrata płynów u noworodków VLBW.
- Utrata masy ciała, tachykardia i hipotensja, kwasica metaboliczna, obniżenie diurezy i zwiększenie ciężaru właściwego moczu.
- Leczenie: zwiększyć podaż wody

Hipernatremia z nadmiarem objętości ECF

- Nadmierna podaż płynów izotonicznych lub hipertonicznych.
- Przyrost masy ciała z towarzyszącymi obrzękami.
- Należy ograniczyć podaż sodu.

Hipernatremia

- $\text{Na} > 150 \text{ mmol/dl}$
- Często wynika ze zbyt dużej utraty płynów.
Rzadziej ze zbyt dużej podaży płynów.
- Postępowanie to wzrost podaży płynów.
- Korekcja szybsza niż $0,5 \text{ mmol/godz.}$ może prowadzić do obrzęku mózgu i drgawki.

Potas

- Podstawowy kation wewnątrzkomórkowy.
- Stężenie potasu w surowicy nie odzwierciedla ilości potasu w organizmie.
- Dystrybucja jonu zależy od wartości pH.
- Wzrost pH o 0,1 powoduje spadek stężenia K o ok. 0,6mEq/l

Hipokaliemia

- $K < 3 \text{ mmol/dl}$
- Spowodowana jest długotrwałym stosowaniem diuretyków, uszkodzenie nerek lub utrata przez przewód pokarmowy.
- Objawy to osłabienie, porażenie przewodu pokarmowego, niedrożność, zaburzenia rytmu serca.
- Leczenie: podaż potasu $1-2 \text{ mmol/kg}$.

Hiperkaliemia

- $K > 6 \text{ mmol/dl}$
- Przyczyny to niewydolność nerek, krwawienie dokomorowe, krwotok, niedokrwienie jelit lub zbyt duża podaż potasu.
- Objawy to zaburzenia rytmu serca (bradykardia, nadkomorowa i komorowa tachykardia).
- Leczenie:
 1. Calcium gluconatum – 100mg/kg
 2. Glukoza + insulina, NaHCO_3 , albuterol
 3. Furosemid

Jony wapnia

- Jony wapnia obecne w płynie komórkowym lub zewnątrzkomórkowym są niezbędne do zaistnienia wielu procesów biochemicznych, w procesie krzepnięcia krwi, prawidłowej aktywności nerwowo-mięśniowej, integralności błony komórkowej, funkcji wydzielniczej komórki i komórkowej aktywności enzymatycznej.

Jony wapnia

- Hormonami regulującymi stężenie wapnia są parathormon oraz kalcytriol.
- W momencie obniżenia wartości wapnia w ECF, komórki przytarczyc wydzielają PTH. Stymuluje on uwalnianie wapnia z kości, zwiększa resorpcję w kanalikach nerkowych i stymuluje nerki do wytwarzania kalcytriolu (1,25[OH₂]D).
- PTH powoduje wzrost stężenia wapnia w surowicy oraz spadek poziomu fosforu lub jego utrzymania na dotychczasowym poziomie.

Jony wapnia

- Witamina D jest syntetyzowana z prowitaminy D w skórze.
- Witamina D jest transportowana do wątroby, gdzie jest przekształcana w hydroksykalcyferol 25(OH)D.
- Następnie w nerkach jest przekształcana w kalcytriol.
- Kalcytriol zwiększa jelitowe wchłanianie wapnia i fosforanów oraz mobilizuje uwalnianie fosforanów i wapnia z kości.

Hipokalcemia

- Większość wapnia jest transportowana przez łożysko w III trymestrze ciąży.
- W pierwszych 24 godzinach poziom Ca fizjologicznie spada.
- 40% Ca w organizmie jest związane z albuminami, 10% jako cytrynian, węglan, siarczan, fosforan 50% jako wapń zjonizowany.
- Hipokalcemia to Ca całk < 2mmol/dl lub zjonizowany < 1,1mmol/dl.

Hipokalcemia

- Wcześniactwo – wcześniaki wydzielają PTH w odpowiedzi na hipokalcemię, jednak reakcja tkanek na PTH jest osłabiona.
- Niekontrolowana cukrzyca u matki. Powoduje wysoki poziom kalcytoniny, niedoczynność przytarczyc, zaburza metabolizm witaminy D oraz pojawia się hiperfosfatemia.
- Brak przytarczyc.
- Pseudohypoparathyroidyzm – matczyzna nadczynność przytarczyc.
- Niedobór magnezu.
- Niedobór witaminy D.
- Zasadowica i podawanie wodorowęglanów.
- Wlew dużej ilości cytrynianów (transfuzja wymienna).
- Wstrząs lub posocznica.
- Fototerapia – zmniejsza wydzielanie melatoniny
- Wysokie stężenie fosforanów w diecie.

Hipokalcemia

Objawy

- Zwiększa się przepuszczalność błon dla jonów sodowych – zwiększa pobudliwość błony komórkowej.

Hipokalcemia

Objawy

- Drżenia mięśniowe
- Drażliwość
- Drgawki
- Stridor wdechowy
- Wymioty
- U wcześniaków może być bezobjawowa lub powoduje bezdechy, drgawki lub zaburzenia czynności serca.
- Hipokalcemia w późnych dobach może się objawiać tylko jako drgawki.

Hipokalcemia

- Wyróżnia się 3 frakcje wapnia:
 1. Wapń zjonizowany – 50% całkowitego wapnia
 2. Wapń związany z białkami, gł. albuminy – ok. 40%
 3. Związki wapnia z anionami jak fosforany, siarczany i cytryniany – 10%.
- Jedyną aktywną formą wapnia jest jego forma zjonizowana.
- Zalecaną metodą oceny poziomu wapnia jest ocena wapnia zjonizowanego.

Hipokalcemia

Postępowanie

- W większości przypadków wystarczy zwiększenie podaży wapnia.
- Dożylna podaż wapnia w bolusie może powodować bradykardię.
- Włączenie żywienia enteralnego.
- W zależności od przyczyny: podanie witaminy D, magnezu lub ograniczenie podaży fosforanów
- Calcium gluconatum – 1ml/kg – zalecana postać wapnia dożylnego.
- CaCl – 0,2ml/kg

Hipokalcemia z związana z hiperfosfatemią.

- Należy unikać zbyt długiego podawania mieszanki dla wcześniaków lub mieszanki bezlaktozowej.
- Należy zwiększyć doustną podaż wapnia.
- Podaż witaminy D w tej sytuacji jest kontrowersyjna.

Hiperkalcemia

- Zaburzenia równowagi między wchłanianiem a metabolizmem wapnia.
- Niska podaż fosforu.
- Niewielka hiperkalcemia u skrajnie niedojrzałych wcześniaków związana jest z niezdolnością wcześniaków do wykorzystania wapnia. Stan ten nie musi mieć związku z niskim poziomem fosforu.

Hiperkalcemia

- Nadczynność przytarczyc
 1. Wrodzona nadczynność przytarczyc związana z niedoczynnością przytarczyc u matki zazwyczaj ustępuje w przeciągu kilku tygodni.
 2. Ciężka pierwotna nadczynność przytarczyc.
 3. Samoistna ograniczająca się wtórna nadczynność przytarczyc.
- Nadczynność tarczycy – hormon tarczycy stymuluje resorpcję kości.
- Hipofosfatazja – autosomalna recesywna dysplazja kostna
- Hiperwitaminoza witaminy D
- Obniżenie klirensu nerkowego wapnia.
- Rodzinna hiperkalciuria hiperkalcemiczna.
- Idiopatyczna hiperkalcemia noworodków.
- Martwica podskórnej tkanki tłuszczowej – jest następstwem urazu lub asfiksji

Hiperkalcemia

Objawy

- Hipotonia
- Encefalopatia
- Trudności w karmieniu
- Wymioty
- Zaparcia
- Wielomocz
- Powiększenie wątroby i śledziona
- Niedokrwistość
- Zwapnienie tkanek miękkich
- Łagodna hipokalcemia – trudności w karmieniu piersią

Hiperkalcemia

Leczenie

- Zwiększenie objętości krwi krążącej – 0,9% NaCl
- Furosemid
- Podaż fosforanów
- Glikokortykosteroidy
- Dieta niskowapniowa
- Kalcytonina
- Paratyroidektomia.

Hipermagnezemia

- Najczęściej spowodowane zwiększoną podażą magnezu
 1. Podaż siarczanu magnezu matce
 2. Nadmierna podaż magnezu
- Objawy pojawiają się przy stężeniu powyżej 6mg/dl
 1. Bezdech
 2. Letarg
 3. Hipotonia
 4. Hiporefleksja
 5. Upośledzona perystaltyka jelit
- Leczenie – usunięcie źródła magnezu, rzadko transfuzja wymienna lub dializa.

Hipomagnezemia

- Zazwyczaj współistnieje z hipokalcemią
- Objawy – bezdech i zmniejszenie aktywności ruchowej.
- Leczenie – podaż siarczanu magnezu

Zaburzenia równowagi kwasowo-zasadowej

- Kwasica jest wynikiem utrat buforów lub wzrostu lotnych i nielotnych kwasów w przestrzeni pozakomórkowej.
- Kwasy fizjologicznie powstają w trakcie metabolizmu aminokwasów lub w procesie mineralizacji kości.
- W skład buforów wchodzi wodorowęglany, fosforany i hemoglobina.
- Utrzymanie prawidłowego pH zależy od wytwarzania kwasów lotnych (dwutlenek węgla), wymiany kationów pochodzących z kości na wodór oraz nerkowej, wydzielanie jonów wodorowych w postaci kwaśności miareczkowej i wydalanie jonów amonowych.

Kwasica metaboliczna

Luka anionowa (Na-Cl-HCO₃)

Kwasica może wynikać z akumulacji kwasów lub utraty bufora. Głównym buforem przestrzeni pozakomórkowej są Na, Cl oraz wodorowęglany.

Zwiększona luka wskazuje na akumulację kwasów organicznych, natomiast prawidłowa luka sugeruje utratę bufora.

Prawidłowa wartość 5-15.

Kwasica metaboliczna z podwyższoną lukią anionową

- Niewydolność nerek, wrodzone błędy metabolizmu, kwasica mleczanowa, ekspozycja na toksyny.
- Kwasica mleczanowa – skutek obniżonej perfuzji tkanek u noworodków z niedotlenieniem lub ciężką chorobą krążeniową.

Kwasica metaboliczna z prawidłową lukią anionową

- Wynika z utratą bufora przez nerki lub przewód pokarmowy.

Kwasica metaboliczna

- Należy leczyć przyczynę kwasicy.
- Poprawić rzut serca w przypadku wysokiej luki anionowej
- Zmniejszenie utraty wodorowęglanów lub dostarczenie buforów.

Zasadowica metaboliczna

Przyczynę można ocenić oznaczając poziom chloru w moczu

Niskie stężenie chloru w moczu	Wysokie stężenie chloru w moczu
Leczenie diuretykami (późne)	Zespół Bartera z nadmiarem mineralokortykoidów
Szybka korekta skompensowanej kwasicy oddechowej	Podaż zasad
Odsysanie z sondy żołądkowej	Masywna transfuzja preparatów krwi
Wymioty	Leczenie diuretykami (wczesne)
Biegunka wydzielnicza	Hipokaliemia

Kwasica i zasadowica oddechowa

Wynika z zaburzeń równowagi oddechowej i
wynika z parametrów wentylacji.

Leczenie polega na odpowiedniej wentylacji.