

Parenterální nutrice v neonatologii I – voda a elektrolyty

MUDr. Peter Korček, Ph.D.

Ústav pro péči o matku a dítě, Neonatologie, Praha

3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Praha

The European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition (ESPGHAN), Geneva, Švýcarsko

Parenterální nutrice je nedílnou součástí komplexní péče o novorozence nezralé, s velmi nízkou porodní hmotností, kriticky nemocné nebo neschopné přijímat stravu. Složení parenterální výživy by mělo být sestavováno individuálně pro každého pacienta na základě jeho aktuálního zdravotního stavu a s ohledem na možné komplikace. Podává se tak dlouho, dokud není pacient schopen přijímat stravu v množství dostatečném pro pokrytí nutričních potřeb. Následující série článků má za cíl představit jednotlivé komponenty parenterální nutrice a praktický význam individualizované parenterální výživy na neonatologickém nebo pediatrickém oddělení. První část cyklu je věnovaná úvodu do problematiky, vodě a elektrolytům.

Klíčová slova: parenterální nutrice, neonatologie, voda, elektrolyty, minerály.

Parenteral nutrition in neonatology I – water and electrolytes

Parenteral nutrition is an integral part of comprehensive care for preterm infants, very low birth weight or critically ill infants, or those unable to take oral nutrition. The composition of parenteral nutrition should be individually tailored for each patient based on their current health status and taking into account possible complications. It is administered until the patient is capable of taking oral nutrition in an amount sufficient to meet nutritional needs. The following series of articles aims to introduce the individual components of parenteral nutrition and the practical significance of individualized parenteral nutrition in neonatology or pediatric departments. The first part of the series is dedicated to an introduction to the topic, water and electrolytes.

Key words: parenteral nutrition, neonatology, water, electrolytes, minerals.

Úvod

Definice

Parenterální nutrici (PN) lze definovat jako intravenózní podávání nutrientů (živin) s cílem zajištění metabolických nároků a adekvátního růstu (1). PN podáváme tak dlouho, dokud není pacient schopen přijímat stravu v množství dostatečném pro pokrytí nutričních potřeb, přičemž u nezralých novorozenců se snažíme přiblížit růstu během intrauterinního období (15–20 g/kg/den) (1, 2). Při absenci enterální

nutrice (nebo pokud jsou podávány pouze trofické dávky stravy < 30 ml/kg/den – *priming*) se jedná o totální PN; v ostatních případech mluvíme o doplňkové PN.

Principy parenterální nutrice v neonatologii

Indikace, složení a komplikace

Indikace a složení parenterální výživy by měli být individualizované na základě aktuálního zdravotního stavu pacienta (a bio-

DECLARATIONS:

Ethical principles compliance:

The authors attest that their study was approved by the local Ethical Committee and is in compliance with human studies and animal welfare regulations of the authors' institutions as well as with the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects adopted by the 18th WMA General Assembly in Helsinki, Finland, in June 1964, with subsequent amendments, as well as with the ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, updated in December 2018, including patient consent where appropriate.

Conflict of interest and financial disclosures:

NeoDiet (Infantools).

Funding/Support:

None.

Cit. zkr: *Pediatr. praxi.* 2024;25(1):22-26

<https://doi.org/10.36290/ped.2024.004>

Článek přijat redakcí: 27. 11. 2023

Článek přijat k tisku: 5. 12. 2023

MUDr. Peter Korček, Ph.D.

peter.korcek@upmd.eu

chemického vyšetření) s ohledem na možné komplikace (Tab. 1, 2). Jednotlivé komponenty PN můžeme rozdělit na vodu (resp. celkové tekutiny), makronutrienty a mikronutrienty. Zatímco makronutrienty (sacharidy – cukry; proteiny – bílkoviny; lipidy – tuky) determinují převážně energetické zajištění metabolismu (*denní potřeba většinou v g/kg*), mikronutrienty (elektrolyty, stopové prvky, vitaminy) jsou esenciální pro homeostázu (*denní potřeba většinou v mg/kg nebo µg/kg*).

Příprava a administrace

Řada pracovišť používá v časném postnatálním období (např. prvních 24–48 hodin po porodu) předpřipravené nutriční vaky (*iniciální, startovací*), které pokryjí základní potřeby novorozenců vyžadujících PN. Cílem je prevence katabolismu po ukončení kontinuální výživy prostřednictvím placenty – vaky většinou obsahují aminokyseliny ($\geq 1,5$ g/kg/den), glukózu (energie) a vápník (prevence časně hypokalcemie); naopak obvykle neobsahují elektrolyty (sodík, draslík). V pozdějším období by měla PN obsahovat všechny makronutrienty a mikronutrienty (1, 2).

Pro tyto nutriční účely jsou v současné době k dispozici infuzní emulze typu all-in-one (např. *Baxter Numeta G13% E*), kde je možnost aktivovat lipidovou komponentu nebo přidat další ingredience dle potřeby. Zároveň můžeme realizovat plánovaní a rozpis individuální PN v dostupných aplikacích (např.: *Microsoft Excel*, *Infantools NeoDiet* – <https://infantools.com>). Rozpisy výživy jsou poté předávány farmaceutům – příprava probíhá na oddělení přípravy sterilních léčiv podle vypracovaných technologických předpisů. Přípravující farmaceut musí zhodnotit kompatibilitu složení infuzního vaku, dohlédnout na vhodné řazení přidávaných složek, a po finální kontrole je nutriční vak předán na příslušné oddělení.

Z hlediska administrace se tradičně používá periferní venózní vstup (max. osmolarita do 900 mOsm/l, doporučená osmolarita do 700 mOsm/l – koncentrace glukózy max. 12,5 %) nebo centrální venózní vstup (max. osmolarita do 1 600 mOsm/l, doporučená osmolarita do 1 200 mOsm/l – při optimální pozici centrálního katétru). U centrálních žilních vstupů je doporučena heparinizace 0,25–0,5 IU/kg/hod.

Tab. 1. Indikační kritéria PN v neonatologii

Nezralost (< 30. gestační týden) nebo velmi nízká porodní hmotnost (< 1 500 g) vzhledem k limitovaným nutričním zásobám
Iniciace PN u novorozenců 30.–32. gestační týden dle klinického stavu
Neprospívání (syndrom krátkého střeva) nebo postnatální růstové selhání (<i>growth failure, failure to thrive</i>)
Vrozené nebo získané onemocnění gastrointestinálního traktu (nekrotizující enterokolitis – NEC, vrozené vývojové vady trávicího traktu)
Novorozenci vyžadující intenzivní péči (multiorgánové selhání)
Intolerance nebo nemožnost podávání enterální nutrice (enteritis, chirurgický výkon)
Hypoglykemie
Jiné stavy vyžadující PN do dosažení uspokojivého enterálního příjmu (100–120 ml/kg/den)

Tab. 2. Komplikace PN

Traumatizace kůže při opakovaných inzercích katétrů
Infekce (flebitis, sepse) – bakteriální (stafylokoky), mykotické
Extravazace při suboptimální pozici vstupů; venózní trombóza
Hepatální dysfunkce (<i>intestinal failure-associated liver disease, IFALD</i>)
Neadekvátní rozpis PN z hlediska tekutin a elektrolytů (hypernatremie a hyperchloremie; hyperfosfatemie a hypokalcemie, tekutinové přetížení)
Neadekvátní rozpis PN z hlediska makronutrientů a energie (overfeeding, underfeeding, refeeding syndrom u kriticky nemocných dětí nebo novorozenců s růstovou restrikcí)
Chyby při výrobě, dodání a administraci PN (kontaminace)

Voda a tekutiny

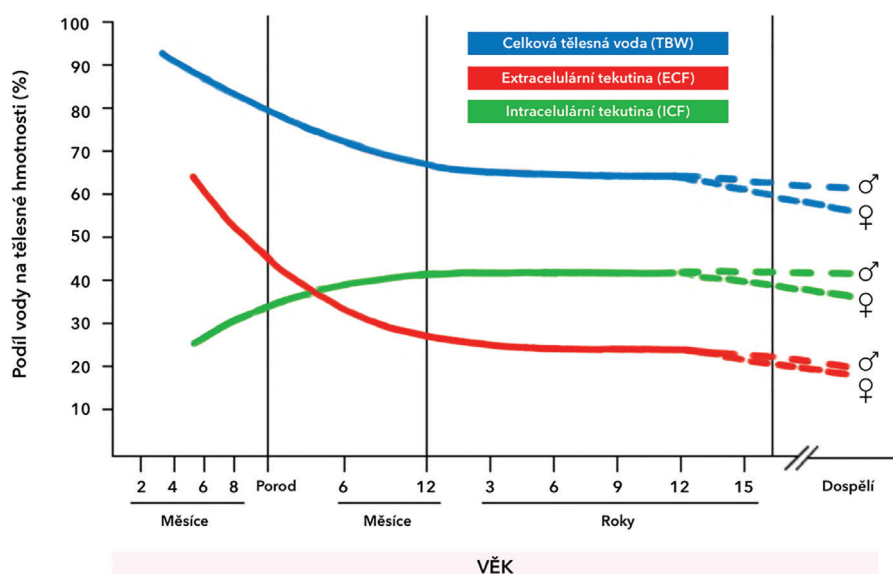
Homeostáza vody

Celkovou tělesnou vodu (*total body water*) rozdělujeme na intracelulární (*intracellular fluid, ICF*) a extracelulární (*extracellular fluid, ECF*) kompartment – extracelulární tekutina se dále dělí na intravaskulární, extravaskulární (intersticiální) a transcelulární (třetí) prostor (3). Třetí prostor se týká fyziologických (moč, mozkomíšni mok) i patologických tekutin (ascites, pleurální efuze) v preformovaných kompartmentech. Novorozenci mají relativně vyšší podíl ECF oproti ICF; s věkem se však poměrně

zastoupení ECF snižuje (např. u dospělých ICF převažuje nad ECF) (1–3). Podle některých hypotéz slouží zvýšený podíl ECF u novorozenců jako jednorázová zásoba vody ke kompenzaci opožděného nástupu laktace (Obr. 1).

Samotná potřeba vody (*water turnover*) je přímo úměrná růstu (*energy turnover, growth velocity*), tj. je vysoká u novorozenců a s postupem věku klesá (1–3). Například novorozenci s extrémně nízkou porodní hmotností (< 1 000 g) mají významně větší podíl vody na tělesné hmotnosti oproti jiné populaci (90 % vs. donošené děti 75 % nebo dospělí 50 %) (Tab. 3).

Obr. 1. Homeostáza vody v průběhu intrauterinního a postnatálního života



Bilance tekutin

Kromě exogenního příjmu vody (*water intake*) je voda produkována také během metabolických dějů (*metabolic water*) – až 15–20 ml/kg/den (1–3). Výslednou bilanci tekutin pak určují faktory zodpovědné za vodní ztráty (Obr. 2):

- Insenzibilní ztráty (*insensible water loss, IWL*) – evaporace skrze dýchací cesty nebo kůži (významný faktor především u extrémně nezralých novorozenců).
- Glomerulární filtrace a objem moči – nezralost distálního nefronu a anatomicky kratší Henleova klička způsobují sníženou schopnost zkoncentrovat moč u nezralých dětí (550 mOsm/kg vs. доношенé děti 700 mOsm/kg nebo dospělí 1 200 mOsm/kg).
- Ztráty vody (a iontů) stolicí – většinou zanedbatelné v průběhu prvního týdne života, mohou ale nabývat významu u pacientů s intestinálním selháním (syndrom krátkého střeva, chronický pseudoobstrukční syndrom, střevní aganglióza).
- Potřeba vody na růst (*water for growth*).

Postnatální změny z hlediska vodní a iontové homeostázy

Změny je vhodné rozdělit do 3 fází (fáze I – tranzice; fáze II – stabilizace; fáze III – růst), které se vzájemně odlišují nutričním cílem, který můžeme ovlivnit nastavením PN (Tab. 3–4):

Fáze I (den 1–5)

Cílem je snížení objemu ECF (negativní bilance tekutin) bez kompromitace intravaskulárního objemu (dehydratace) a kardiovaskulárního systému (hypovolemie, acidóza) se zachováním normálních koncentrací iontů, dostatečné diurézy (bez oligurie < 1 ml/kg/hod po více než 12 hodin) a termoregulace (1–4).

Fáze je ukončena při maximálním hmotnostním úbytku, který se u novorozenců velmi nízké porodní hmotnosti (*very low birth weight, VLBW*) optimálně pohybuje mezi 7–10%. Nezralí novorozenci mají větší podíl vody na tělesné hmotnosti oproti доноšeným dětem, u kterých by se maximální hmotnostní úbytek měl pohybovat v rozmezí 3–7% v závislosti na typu stravy. Hmotnostní úbytek je přitom důležitější než celkový přívod tekutin – restrikce tekutin ≤ 150 ml/kg/den může snížit riziko mortality a závažných morbidit (hemodynamicky signi-

Obr. 2. Faktory ovlivňující příjem a výdej vody



Tab. 3. Doporučený parenterální přívod tekutin a elektrolytů

DEN	1	2	3	4	5	6–10	11–30
Tekutiny (ml/kg/den)	Fáze I					Fáze II	Fáze III
Donošený novorozenec	40–60	50–70	60–80	60–100	100–140	140–170	140–160
Preterm > 1 500 g	60–80	80–100	100–120	120–140	140–160	140–160	140–160
Preterm 1 000–1 500 g	70–90	90–110	110–130	130–150	160–180	140–160	140–160
Preterm < 1 000 g	80–100	100–120	120–140	140–160	160–180	140–160	140–160
Na (mmol/kg/den)	Fáze I					Fáze II	Fáze III
Donošený novorozenec	0–2	0–2	0–2	1–3	1–3	2–3	2–3
Preterm > 1 500 g	0–2 (3)	0–2 (3)	0–3	2–5	2–5	2–5	3–5
Preterm < 1 500 g	0–2 (3)	0–2 (3)	0–5 (7)	2–5 (7)	2–5 (7)	2–5 (7)	3–5 (7)
K (mmol/kg/den)	Fáze I					Fáze II	Fáze III
Donošený novorozenec	0–3	0–3	0–3	2–3	2–3	1–3	1,5–3
Preterm > 1 500 g	0–3	0–3	0–3	2–3	2–3	1–3	1–3
Preterm < 1 500 g	0–3	0–3	0–3	2–3	2–3	1–3	2–5
Cl (mmol/kg/den)	Fáze I					Fáze II	Fáze III
Donošený novorozenec	0–3	0–3	0–3	2–5	2–5	2–3	2–3
Preterm > 1 500 g	0–3	0–3	0–3	2–5	2–5	2–5	3–5
Preterm < 1 500 g	0–3	0–3	0–3	2–5	2–5	2–5	3–5

Tab. 4. Doporučený parenterální přívod minerálů

Věk	Ca – mmol (mg)/kg/den	P – mmol (mg)/kg/den	Mg – mmol (mg)/kg/den
Preterm (fáze I)	0,8–2,0 (32–80)	1,0–2,0 (31–62)	0,1–0,2 (2,5–5,0)
Preterm (fáze II–III)	1,6–3,5 (64–140)	1,6–3,5 (50–108)	0,2–0,3 (5,0–7,5)
Donošený novorozenec	0,8–1,5 (30–60)	0,7–1,3 (20–40)	0,1–0,2 (2,5–5,0)

Tab. 5. Přehled elektrolytů a jejich distribuce v ICF/ECF

Parametr	Plazma (mmol/l)	Intersticiu (mmol/l)	Buňka (mmol/l)
Na ⁺	141	143	10
K ⁺	4	4	155
Ca ²⁺	2,5	1,3	< 0,001
Mg ²⁺	1	0,7	15
Cl ⁻	103	115	8
H ₂ PO ₄ ⁻	1	1	65
HCO ₃ ⁻ (pH)	25 (7,4)	28 (7,4)	10 (7,2)

fikantní Botallova dužej, bronchopulmonální dysplazie, NEC) u nezralých novorozenců, zároveň je ale asociovaná s dehydratací a malnutricí (1–4).

Praktické poznámky:

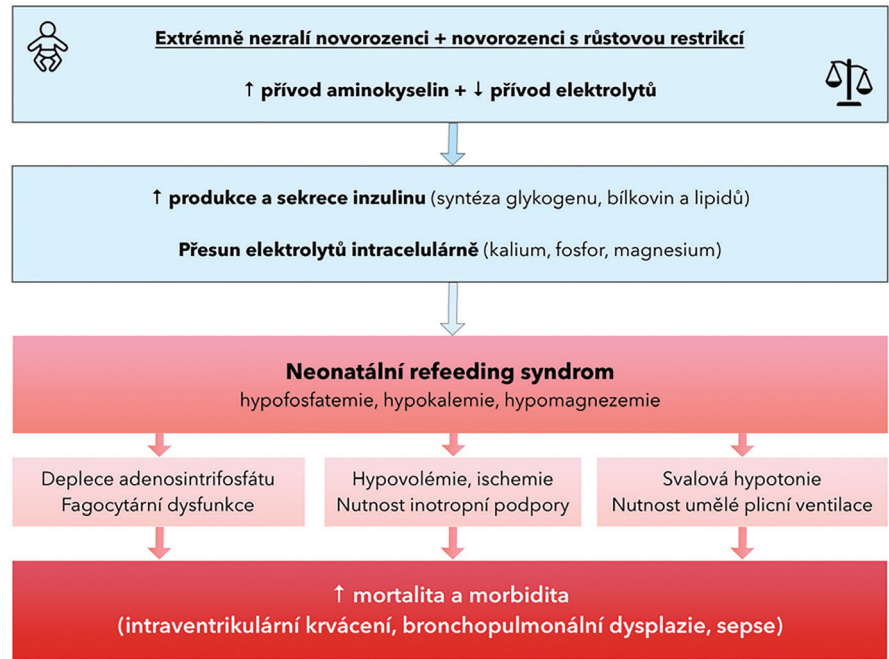
- Pravidelná bilance tekutin, monitoring hydratace, glykemie, sérových koncentrací iontů a acidobazické rovnováhy (Tab. 5); vhodné také vyšetření urey, hematokritu nebo osmolality moči (mOsm/kg) a koncentrace elektrolytů v moči.
- Značné IWL u nezralých novorozenců → nutný dostatek tekutin při transepidermální evaporaci (někdy až 180–200 ml/kg/den); důležitá je pak následná restrik-

ce tekutin v dalších dnech při maturaci epidermis.

- Fototerapie (především u nezralých dětí) → navýšení tekutin o 10–20%.
- Asfyxie (riziko edému mozku) nebo umělá plicní ventilace (za předpokladu použití ohřátých a zvlhčených plynů) → snížení tekutin o 10–20%.
- Po přechodné relativní oligurii následuje diuretická fáze → monitoring diurézy a adjustace přívodu tekutin a iontů (riziko acidózy nebo hypokalemie).
- Většinou postupný nárůst natremie (negativní bilance tekutin) → cílit na hodnoty Na⁺ < 150 mmol/l.

- Parenterální suplementace Na^+ a K^+ by měla začít nejpozději před poklesem iontů pod spodní doporučenou hranici (Na^+ 135 mmol/l; K^+ 3,5 mmol/l).
- Nadměrný přívod chloridů u VLBW dětí indukuje hyperchloremickou metabolickou acidózu → doporučuje se použití sloučenin Na^+ a K^+ bez chloridů → kalium malát, natrium acetát nebo jiné typy průplachů než fyziologický roztok (FR).
- Přívod chloridů by měl být mírně nižší než součet přívodu sodíku a draslíku → $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^- = 1\text{--}2 \text{ mmol/kg/den}$ (pozn.: poměr NaCl v ECF je 1,4:1, zatímco ve FR 1:1).
- Riziko refeeding syndromu (hypokalemie, hypofosfatemie, ventilačně-oběhové zhoršení) u extrémně nezralých novorozenců nebo dětí s výraznou růstovou restrikcí při nadměrném přívodu aminokyselin a relativně nízkém přívodu elektrolytů (Obr. 3).

Obr. 3. Refeeding syndrom



Fáze II (den 6–10)

Cílem je znovunabytí porodní hmotnosti (*birth weight regain*), které by mělo u nezralých novorozenců nastat 7.–10. den života, a u donošených dětí 6.–9. den života. V této fázi může trvat výrazná natriuréza s nutností navýšení přívodu $\text{Na}^+ > 5 \text{ mmol/kg/den}$. Podle některých studií může suboptimální přívod sodíku (anebo výrazná fluktuace natremie) v prvních 2 týdnech života negativně ovlivnit psychomotorický vývoj u nezralých novorozenců (1–4).

Fáze III (den ≥ 11)

Cílem je pravidelný růst a udržení homeostázy (*positive net balance for water and electrolytes*); potřeba tekutin a sodíku reflektuje předpokládané růstové přírůstky (*weight gain*). Kromě hmotnosti (růstové grafy) a vnitřního prostředí kontrolujeme dle vývoje stavu také biochemické parametry (glykemie, urea, kreatinin, triacylglyceroly, minerály, vitamin D, jaterní testy, celková bílkovina, albumin, event. stopové prvky) (1–4).

Elektrolyty

Sodík (Natrium, Na^+)

Hlavní extracelulární kationt – natremie se odvíjí od postnatálního věku

a diurézy, a naopak není ovlivněná gestačním týdnem při narození nebo přívodem aminokyselin. Rychlá korekce hypernatremie může způsobit otok mozku, křeče a neurologické poškození (doporučený pokles → 10–15 mmol/l během 24 hodin). Korekce hyponatremie rychlejší než 48–72 hodin je asociovaná se zvýšeným rizikem centrální pontinní myelinolýzy (1–6).

Hypernatremie $> 145 \text{ mmol/l}$

- Často iatrogenní u VLBW dětí při suboptimální korekci transepidermální IWL, nedostatečným přívodem tekutin nebo nadměrným přívodem sodíku.

Hyponatremie $< 135 \text{ mmol/l}$

- Tekutinové přetížení (*fluid overload*): iatrogenní, syndrom nepřiměřené sekrece antidiuretického hormonu (SIADH) v rámci neurologického poškození (perinatální asfyxie, meningitis, intraventrikulární krvácení), kardiální a jaterní insuficience, hyponatremie matky.
- Deplece sodíku (rozdělení dle renálních odpadů Na^+)
 - $\text{U}-\text{Na}^+ > 20 \text{ mmol/l}$
 - nezralost (snížená reabsorpce v ledvinách), medikace (diuretika)
 - renální etiologie akutní renální insuficience (oligurická fáze) → trombóza

renální vény, post-hypoxická / poléková tubulární nekróza

- $\text{U}-\text{Na}^+ < 20 \text{ mmol/l}$
 - extrarenální ztráty (stomie, průjem, drenáž mozkomíšního moku)
 - zvýšené nároky při růstu (neprosávání)

Chloridy (Chloride, Cl^-)

Hlavní extracelulární aniont – reflektuje změny Na^+ v ECF a ovlivňuje osmotický tlak, hydrataci, iontovou neutralitu a pH krve (*strong ion difference, SID*). SID představuje rozdíl v náboji mezi kationty (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) a anionty (Cl^- , laktát), přičemž při snížení SID (relativní navýšení chloridů a snížení sodíku) dochází k acidifikaci plazmy (1–5, 7).

Hyperchloremie $> 112 \text{ mmol/l}$

- Nadměrný kumulativní přívod chloridů v PN (FR) → hyperchloremická metabolická acidóza ($\text{pH} < 7,2$ a base deficit $> 10 \text{ mmol/L}$ nebo bikarbonát $< 12 \text{ mmol/l}$).

Hypochloremie $< 97 \text{ mmol/l}$

- Zvracení, diuretika, SIADH, kardiální selhání, růst (nedostatečný přívod NaCl).

Draslík (kalium, K^+)

Hlavní intracelulární kationt – koncentrace závisí od aktivity Na/K-ATPázy, která fun-

guje suboptimálně při hypoxii a katabolismu. Těžká hyperkalemie ($> 7,0$ mmol/l) vyžaduje EKG monitoring a okamžitou intervenci. V případě arytmií aplikujeme 10% calcium gluconicum 0,5–2,0 ml/kg v infuzi na 5–10 minut; intervence snižující hladinu draslíku zahrnují intracelulární přesun K^+ (inzulin s glukózou, 4,2% bikarbonát sodný, β_2 -mimetika) a renální exkreci draslíku (furosemid). Časná postnatální suplementace K^+ může naopak snížit incidenci závažné hypokalemie ($< 3,0$ mmol/l) (1–5).

Hyperkalemie $> 6,0$ mmol/l

- Non-oligurická hyperkalemie (U–K > 20 mmol/l)
 - VLBW a extrémně nezralí novorozenci, porod bez antenálních steroidů, acidóza (záměna H^+ za K^+), katabolické stavy, perinatální asfyxie, výrazné hematomy, tkáňová nekróza, hemolýza
- Oligurická hyperkalemie (U–K < 20 mmol/l) při renálním selhání.

Hypokalemie $< 3,5$ mmol/l

- Nezralost (zvýšená potřeba), růstová restrikce (deplece), iatrogenní (snížený přívod), medikace (diuretika), renální (polyurická fáze renálního selhání) a gastrointestinální ztráty (NEC, ileus, syndrom krátkého střeva, průjem), alkalóza, inzulin.

Vápník (calcium, Ca^{2+})

Významný intracelulární kationt – nejvíce zastoupený minerál v těle (97–99% v kostech jako *microcrystalline apatit* [$Ca_5(PO_4)_3(OH)$]); podléhá hormonální regulaci prostřednictvím parathormonu (PTH), kalcitoninu a vitaminu D. Pro snížení rizika precipitace se doporučuje použití organických sloučenin fosforu (*sodium glycerofosfát*, *disodium glukóza-1-fosfát*) a kalcia (*calcium gluconicum*); infuze s vápníkem a fos-

forem by zároveň měla mít dostatečný objem (≥ 40 – 50 ml/kg/den) a obsahovat aminokyseliny ≥ 1 g/kg/den (3, 4, 8).

Hyperkalcemie $> 2,8$ mmol/l

- iatrogenní, předávkování vitaminem D, hyperparatyreóza, Bartterův syndrom

Hypokalcemie $< 2,2$ mmol/l

- nedostatečný přívod, malabsorpce (pozn.: absorpce kalcia z enterální nutrice je vysoce variabilní $\rightarrow 20$ – 80 %), deficit vitaminu D, hypoparatyreóza, deficit hořčíku, renální insuficience, diuretika, hyperfosfatemie (iatrogenní), alkalóza

Fosfor (phosphate, P)

Hlavní intracelulární aniont – esenciální pro produkci adenosintrifosfátu a součást membránových fosfolipidů a nukleových kyselin. Fosfor je z 80 % v kostech (Ca : P molární poměr v apatitu = 1,67) a 20 % tvoří metabolicky aktivní část v tkáních. Nezralý novorozenec s parenterálním přívodem aminokyselin $\geq 2,0$ – $2,5$ g/kg/den by měl mít v prvních dnech života Ca : P molární poměr optimálně 1,0 (rozmezí 0,8–1,2); v růstovém období pak 1,3. Hyperfosfatemie může způsobit život ohrožující hypokalcemii (křeče, laryngospasmus), zatímco hypofosfatemie je asociovaná se svalovou slabostí, prolongovanou ventilační podporou a zvýšeným rizikem infekce a úmrtí (8, 9).

Hyperfosfatemie $> 2,5$ mmol/l

- nadměrný přívod (iatrogenní), renální insuficience

Hypofosfatemie $< 1,5$ mmol/l

- nedostatečný přívod (zvláště při intenzivní kalorické realimentaci – *refeeding*

syndrom), hyperparatyreóza, diuretika, malabsorpce (pozn.: absorpce fosforu z enterální nutrice $\rightarrow 50$ – 60 %)

Hořčík (magnesium, Mg^{2+})

Významný intracelulární kationt – hojně zastoupený minerál v těle (65 % v kostech), u kterého je deficit často provázený hypokalcemií (Mg-dependentní adenylátcykláza $\rightarrow$ při deficitu hořčíku dojde ke snížené sekreci PTH a periferní rezistenci na PTH) (8, 10).

Hypermagnezemie $> 1,2$ mmol/l

- renální insuficience, terapie matky (*magnesium sulfát*)

Hypomagnezemie $< 0,6$ mmol/l

- nedostatečný přívod, syndrom krátkého střeva, hyperparatyreóza

Závěr

Stojí za zapamatování

- Parenterální nutrice je nedílnou součástí komplexní péče o novorozence, proto je nutná znalost indikačních kritérií a komplikací souvisejících s PN.
- Rozsah postnatálních změn vnitřního prostředí je zásadně ovlivněn zralostí a aktuálním stavem novorozence, proto je nutná pravidelná monitorace (bilance tekutin, hydratace, hmotnost, biochemické vyšetření).
- Složení PN by mělo být individualizované s ohledem na možné komplikace (dehydratace, tekutinové přetížení, elektrolytové dysbalance, refeeding syndrom).
- Parenterální přívod tekutin, elektrolytů a minerálů dle gestačního a postnatálního věku na základě ESPGHAN doporučení (Tab. 3–4).

LITERATURA

1. Jochum F, Moltu SJ, Senterre T, et al. ESPGHAN/ESPEN/ESPR/CSPEN guidelines on pediatric parenteral nutrition: Fluid and electrolytes. Clin Nutr. 2018;37(6 Pt B):2344–2353.
2. Fusch C, Jochum F. Water, sodium, potassium and chloride. World Rev Nutr Diet. 2014;110:99–120.
3. Heimler R, Doumas BT, Jendrzyszczak BM, et al. Relationship between nutrition, weight change, and fluid compartments in preterm infants during the first week of life. J Pediatr. 1993;122(1):110–114.
4. Elstgeest LE, Martens SE, Lopriore E, et al. Does parenteral nutrition influence electrolyte and fluid balance in preterm

- infants in the first days after birth? PLoS One. 2010;5(2):e9033.
5. Zadák Z, Hyšpler R, Tichá A. Příručka infuzní elektrolytové terapie. Hradec Králové: Ardeapharma, a.s., 2021. 86 s.
6. Späth C, Sjöström ES, Ahlsson F, et al. Sodium supply influences plasma sodium concentration and the risks of hyper- and hyponatremia in extremely preterm infants. Pediatr Res. 2017;81(3):455–460.
7. Iacobelli S, Kermorvant-Duchemin E, Bonsante F, et al. Chloride Balance in Preterm Infants during the First Week of Life. Int J Pediatr. 2012;2012:931597.
8. Mihatsch W, Fewtrell M, Goulet O, et al. ESPGHAN/ES-

- PEN/ESPR/CSPEN guidelines on pediatric parenteral nutrition: Calcium, phosphorus and magnesium. Clin Nutr. 2018;37(6 Pt B):2360–2365.
9. Cormack et al; ProVIDe Trial Group. Neonatal Refeeding Syndrome and Clinical Outcome in ELBW: Secondary Cohort Analysis From the ProVIDe Trial. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2021;45(1):65–78.
10. Rigo J, Pieltain C, Christmann V, et al. Serum Magnesium Levels in Preterm Infants Are Higher Than Adult Levels: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. Nutrients. 2017;9(10):1125.