

Pregledni članek / Review article

NOVOSTI PRI NADOMEŠČANJU TEKOČIN

NEW TRENDS IN FLUID REPLACEMENT

M. Grošelj Grenc

Klinični oddelek za neonatologijo, Pediatrična klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

IZVLEČEK

Intravensko nadomeščanje tekočin je najpogosteje potrebno pri kirurških posegih in akutno oz. kritično bolnih otrocih. Izsledki številnih raziskav, metaanaliz in preglednih člankov o učinkovitosti, obolevnosti in umrljivosti pri uporabi različnih vrst tekočin, odmerkov tekočin in časovnega načina dajanja tekočin kažejo, da vsi omenjeni dejavniki pomembno vplivajo na izid zdravljenja otrok. V prispevku prikazujemo tri najpogostejša vprašanja glede tekočinskega zdravljenja: koloidi ali kristaloidi, fiziološka raztopina ali balansirani kristaloidi in liberalni ali restriktivni tekočinski režim. Pri nas se pri otrocih v šokovnem stanju, podobno kot v večini evropskih držav, odločamo za kristaloide. Šele takrat, ko odgovor na prva dva bolusa oz. tri boluse (pri septičnem šoku) kristaloidov ni zadovoljiv, izberemo najprimernejši koloid. Pri otrocih balansirani kristaloidi večinoma nadomeščajo tradicionalne hipotonične glukozno-elektrolitske raztopine, ki so bile pogosto vzrok hiponatremije in hiperglikemije. Vse več je podatkov, da lahko prekomeren vnos tekočin pomeni slabši izid zdravljenja, zato se tudi pri otrocih vse bolj uveljavlja restriktivni tekočinski režim.

Ključne besede: intravenske tekočine, otroci, nadomeščanje tekočin, izotoničen, hipotoničen, šok.

ABSTRACT

Intravenous fluid replacement is typically required in surgical, critically ill or acutely ill children. Several studies, meta-analyses and review articles have been published, which investigated the effectiveness of different fluid types, different dosing and timing regimens and morbidity and mortality associated with their use. All indicated that these are crucial parameters influencing the outcomes in children. This article ad-

dresses the three commonest dilemmas in fluid therapy: colloids vs crystalloids, normal saline vs balanced crystalloids, and liberal vs restrictive fluid regimen. Similar to other European countries, we generally begin fluid replacement using crystalloids in shocked children. If there is no response after two or three (in the case of septic shock) boluses of crystalloids, we next use the most appropriate colloids. In children, balanced crystalloids have supplanted the traditional hypotonic solutions with glucose and electrolytes, which often caused hyponatraemia and hyperglycaemia. Restrictive fluid regimens are often preferred in view of the data showing poorer outcomes in children with fluid overload.

Key words: intravenous fluids, children, fluid replacement, isotonic, hypotonic, shock.

UVOD

Intravensko nadomeščanje tekočin je najpogosteje potrebno pri kirurških bolnikih in akutno oz. kritično bolnih otrocih. Pri akutno bolnih otrocih so nadzorni mehanizmi, ki uravnavajo tekočinsko in elektrolitsko ravnovesje, pogosto porušeni, zato z izbiro količine in vrste tekočine še toliko bolj vplivamo na končno (ne)ravnovesje v organizmu (1). Otroci imajo v primerjavi z odraslimi večji delež zunajcelične in znotrajcelične vode ter bolj intenzivno presnovo. Zato se pri njih ob pomanjkljivem vnosu tekočine hitreje razvije dehidracija z možnimi pridruženimi elektrolitskimi motnjami, ob stradanju pa hipoglikemija. Hkrati se pri otrocih, pri katerih pride do kopičenja proste vode, hitreje razvije hiponatremija (2, 3). Cilj tekočinskega zdravljenja bolnih otrok je zagotavljanje zadostne količine vode in elektrolitov za primerno perfuzijo tkiv in hkrati izogibanje preobremenjenosti s tekočino (1). Izsledki številnih raziskav, metaanaliz in preglednih člankov o učinkovitosti, obolenosti in umrljivosti pri uporabi različnih tipov tekočin, odmerkov tekočin in časovnega načina dajanja tekočin kažejo, da vsi ti dejavniki vplivajo na izid zdravljenja otrok. Kljub raziskavam še vedno obstaja veliko odprtih vprašanj glede idealnih vrst tekočine ter odmerka in časa dajanja intravenske tekočine.

VRSTA TEKOČINE: KRISTALOIDI V PRIMERJAVI S KOLOIDI PRI TEKOČINSKEM OŽIVLJANJU

Kristaloidi

Kristaloidne raztopine po definiciji vsebujejo elektrolite in druge topljence, ki prosto prehajajo polprepustno membrano. To je glavna značilnost, po kateri se razlikujejo od koloidov, za katere velja, da polprepustne membrane ne prehajajo. Celična membrana je selektivno prepustna, tj. prepustna za vodo in neprepustna za večino elektrolitov v telesu. Topljenci, ki celične membrane ne prehajajo, prispevajo k toničnosti raztopine. Poznamo hipotonične kristaloide (npr. 0,45 % NaCl in 5 % glukoza), izotonične kristaloide (npr. fiziološka raztopina (FR) oz. 0,9 % NaCl in Ringerjev laktat (RL)) in hipertonične raztopine (npr. 3 % NaCl). Osmolarnost raztopine je odvisna od vsebnosti topljencev na liter raztopine, ne glede na to, ali prehajajo celično membrano (1, 4).

Kristaloidi so dostopni, varni in poceni, zato jih veliko uporabljamo. Elektroliti in drugi topljenci prosto prehajajo žilno steno in se enakomerno razporedijo v zunajceličnem prostoru. Ker plazma predstavlja le 20–25 % zunajcelične tekočine, zno-

traj žil ostane le 1/4–1/5. Znotrajcelični volumen se ne spremeni (5). Če jih uporabljamo npr. za nadomeščanje v primeru hemoragičnega šoka, moramo infundirati 3- do 5-krat večji volumen kristaloidov kot je ocenjena izguba krvi (6). Kristaloidi, ki jih uporabljamo za nadomeščanje volumna v šokovnih stanjih, so izotonični. V njih je koncentracija natrija podobna koncentraciji natrija v zunajcelični tekočini (plazma in intersticijska tekočina).

V nasprotju s koloidi dnevni odmerek kristaloidov ni omejen in tudi ne povzročajo neželenih učinkov, kot so alergijske reakcije, motnje strjevanja krvi in akutna ledvična okvara. Če izvozamo intersticijski edem in volumsko preobremenitev, so neželeni učinki kristaloidov redki.

Koloidi

Koloidi v normalnem stanju ne prehajajo žilne stene, zato bolj učinkovito kot kristaloidi povečajo znotrajžilni prostor in vzdržujejo koloidno-osmotski tlak. Koloide razdelimo na naravne proteinske koloide (humani albumini) in sintetične koloide (hidroksietilni škrobi (HES), dekstrani in želatine) (3).

Humani albumini

Humani albumini so naravna sestavina plazme. Na voljo so kot 5-odstotni, 20-odstotni ali 25-odstotni humani albumini. Višje koncentracije humanih albuminov navadno pri tekočinskem oživljanju redčimo z do 5 % humanih albuminov, ki so osmotsko enaki plazmi. Infundiranje 25-odstotnih humanih albuminov zaradi dodatne prerazporeditve tekočine iz intersticijskega prostora v znotrajžilni prostor poveča znotrajžilni volumen krvi za petkrat. V stanjih s povečano žilno prepustnostjo (sepsa, poškodba, opekline) lahko albumini zaradi povečane žilne prepustnosti prehajajo v intersticij in še dodatno povečajo intersticijski edem. Humani albumini izmed vseh koloidov najmanj vplivajo na strjevanje krvi in najmanj pogosto povzročajo alergijske reakcije, zato jih kljub visoki ceni v pediatriji še vedno včasih uporabljamo, zlasti pri otrocih s hudo meningo-

kokno sepso, pri katerih pride do razpada albuminov (7, 8).

Sintetični koloidi

Hidroksietilni škrobi (HES) se razlikujejo po koncentraciji, molekularni masi, odstotku hidroksietilizacije in razmerju med hidroksietiliziranimi atomi C2 in C6. Zaradi naštetega so tudi lastnosti in učinki različnih HES različni. Novejši HES imajo nižjo molekularno maso in nižji odstotek hidroksietilizacije (manj neželenih učinkov, kot so motnje strjevanja krvi, ledvična okvara in srbenje) ter večje razmerje med C2 in C6 hidroksietilizacijo (daljše delovanje). Volumski učinek HES traja 2–6 ur. Glede na izsledke raziskav pri odraslih bolnikih imajo novejši HES tretje generacije z molekularno maso 130 kDa pomembno manj učinkov na strjevanje krvi in ledvično funkcijo kot starejši HES (9). Vendar pa so v pregledu 42 objavljenih raziskav, ki so vključevale tudi novejši HES, pokazali, da je tudi uporaba novejših HES povezana z večjo možnostjo akutne ledvične okvare in potrebe po nadomestnem ledvičnem zdravljenju. Prav tako ni bilo moč določiti največjega še varnega odmerka HES (10). V raziskavi pri kritično bolnih otrocih uporabo HES povezujejo z manjšim številom trombocitov in s podaljšanim bivanjem v intenzivni enoti (11). Pri otrocih smo zato glede uporabe HES zadržani. Smernice pri akutno bolnih otrocih HES sicer ne priporočajo (12), medtem ko podatki o uporabi HES 130/0,42 pri otrocih v perioperativnem obdobju celo ne kažejo večje pogostosti neželenih učinkov. HES so se izkazali kot varni v več raziskavah pri otrocih, operiranih na srcu in z zunajtelesnim obtokom (13). Prav tako v veliki evropski prospektivni multicentrični perioperativni raziskavi na vzorcu 1130 otrok ugotavljajo, da so HES 130/0,42 v majhnem odmerku (10 ml/kg) pri otrocih z normalno ledvično funkcijo in strjevanjem krvi povsem varni (14).

Želatin, polipeptidov iz govejega kolagena in **dekstranov**, vodotopnih glukoznih polimerov, pri otrocih zaradi velikega tveganja anafilaktičnih reakcij (starejše želatine in dekstrani) in neugodnega vpliva

na strjevanje krvi (dekstrani) praktično ne uporabljamo. Želatine tudi hitro prehajajo v intersticij ter se hitro izločajo preko ledvic, zato je njihov učinek kratkotrajen (3).

Pri tekočinskem oživljanju uporabljamo kristaloide in koloide. Izbira infuzijske tekočine je tema, ki deli strokovnjake že več desetletij. Izsledki številnih objavljenih raziskav in metaanaliz o primerjavi med kristaloide in koloidi, v večini na odraslih bolnikih, ne dajejo jasnih navodil glede klinične uporabe, predvsem zaradi heterogenosti vključenih bolnikov, različnih vrst preučevanih koloidov in nasprotujočih si rezultatov. Preprostega in enotnega odgovora na vprašanje – »ali kristaloide ali koloidi« – torej ni. Izbira vrste tekočine je odvisna od bolnikovega kliničnega stanja, individualnih značilnosti bolnika in njegovega odgovora na zdravljenje. Raziskav pri otrocih je malo, zato se tudi novosti s področja tekočin počasi uveljavljajo v klinični praksi. Pri nas se pri otrocih v šokovnih stanjih, podobno kot v večini evropskih držav, odločamo za kristaloide (12, 15). Šele, če odgovor na prva dva bolusa oz tri boluse (v primeru septičnega šoka) kristaloidov ni zadovoljiv, izberemo najbolj primeren koloid.

Smernice za zdravljenje septičnega šoka pri otrocih priporočajo začetno tekočinsko zdravljenje z bolusi izotoničnih kristaloidov ali albuminov v odmerku 20 ml/kg izotoničnih kristaloidov v 5–10 minutah ali ekvivalent albuminov (7, 16). Tekočinske boluse titriramo, dokler ne dosežemo normalizacije krvnega tlaka, diureza, kapilarnega povratka, perifernih utripov in stanja zavesti ter hkrati ne povzročimo hepatomegalije ali zastoja nad pljuči. Pri hepatomegaliji ali zastoju nad pljuči uporabimo inotropno podporo. Pri otrocih s hudo hemolitično anemijo brez hipotenzije (malaria, srpastocelična anemija) ima transfuzija koncentriranih eritrocitov prednost pred kristaloide ali albumini (16). Pri hudem septičnem šoku (meningokokni sepsi) priporočajo zgodnjo uporabo humanih albuminov (15).

Otroci v hemoragičnem šoku, ki je podvrsta hipovolemničnega šoka, potrebujejo bolus 20 ml/kg izotoničnih kristaloidov. Po končanem dovajanju ocenimo klinični odgovor na dano tekočino. Če odgovora ni, bolus kristaloidov ponovimo. Ob neoskrbljeni krvavitvi brez pridružene poškodbe glave tudi pri otrocih priporočajo zaporedne manjše boluse po 10 ml/kg kristaloidov s pogostejšim ocenjevanjem življenjskih znakov (t. i. strategija permisivne hipotenzije) (12, 15). Pri hudih poškodbah je uporaba kristaloidov omejena na 40 ml/kg. Sledi transfuzija koncentriranih eritrocitov, sveže zamrznjene plazme in koncentriranih trombocitov (12, 15, 17). Če odgovor na bolus tekočin 20 ml/kg ni zadovoljiv, se nujno čim prej posvetujemo s kirurgom (17). Pri hudi poškodbi glave uporabo humanih albuminov odsvetujemo (18).

Če je vzrok šokovnega stanja dehidracija, je ne glede na tip dehidracije tekočina izbire izotonična raztopina kristaloidov. Otrok v šoku potrebuje bolus 20 ml/kg kristaloidov. Po potrebi bolus kristaloidov ponovimo (15, 19).

Otroci v anafilaktičnem šoku poleg ostalega zdravljenja potrebujejo bolus kristaloidov ali koloidov (20 ml/kg) v 10–20 minutah, ki ga po potrebi ponovimo. Ob potrebi po tekočini, večji od 40 ml/kg, uvedemo tudi inotropno podporo (20). Pri zdravljenju anafilaktičnega šoka je največkrat prva tekočina fiziološka raztopina (15).

VRSTA TEKOČINE: FIZIOLOŠKA RAZTOPINA V PRIMERJAVI Z BALANSIRANIMI KRISTALOIDI

Fiziološka raztopina

Fiziološka raztopina (FR, 0,9 % NaCl) vsebuje več natrija (154 mmol/l) in klora (154 mmol/l) kot plazma v normalnem stanju. Infuzija velikega volumna

FR lahko povzroči hipernatremijo in hiperkloremično presnovno acidozo. Manj natrija (130 mmol/l) in klorida (109 mmol/l) vsebuje Ringerjev laktat (RL), ki je bolj »fiziološka raztopina« kot sama FR in ne povzroča presnovne acidoze, saj je kloridni ion delno nadomeščen z laktatom (21, 22). V jetrih se laktat presnavlja v bikarbonat, ki lahko prispeva k presnovni alkalozii oz. respiratorni acidozi (23). Kljub opisanim neželenim učinkom kristaloidov pa se hiperkloremična acidoza in respiratorna acidoza lahko pojavita šele po infundiranju velike količine (5 l pri odraslih bolnikih) FR oz. RL (23). Hiperkloremična acidoza je lahko vzrok manjše ledvične prekrvitve in vodi v akutno ledvično okvaro. Avtorji nekaterih raziskav poročajo tudi o motnjah strjevanja krvi pri bolnikih, ki so prejeli velike količine kristaloidov, vendar klinični pomen teh ugotovitev še ni jasen (22, 24). Hiperkloremijo povezujejo tudi z motnjami imunskega odgovora s povečanim tveganjem okužbe (24).

Balansirani kristaloidi

Balansirani kristaloidi so novejši pripravki izotoničnih kristaloidov s sestavo, ki je še bolj prilagojena sestavi plazme. Vsebnost kloridnih ionov je manjša. Kot pufer v balansiranih kristaloidih uporabljajo laktat, acetat, maleat ali glukonat (25). Uporaba bikarbonata namreč v infuzijskih pripravkih ni praktična, saj v fizioloških koncentracijah precipitira, zato ga uporabljamo redko. Laktat v jetrih vstopa v glukoneogenezo, zato pripravki z laktatom pri jetrni odpovedi ali hiperglikemiji niso primerni. Acetat se sicer presnavlja v različnih tkivih, a ima lahko negativno inotropno delovanje na srčno mišico in povzroča vazodilatacijo (26). Navadno balansirani kristaloidi vsebujejo tudi kalij, kar zahteva pozornost pri uporabi večjih volumnov in ledvični okvari (26).

Večino raziskav o primerjavi med FR in balansiranimi kristaloidi so opravili pri odraslih. Dokazali so, da FR v primerjavi z balansiranimi kristaloidi povzroča hiperkloremično acidozo, a je dejanski

pomen hiperkloremije še slabo raziskan (24). Pri odraslih bolnikih sicer poročajo o povečani obolevnosti, povečanem tveganju za okužbo in večji verjetnosti akutne ledvične okvare pri bolnikih, ki so prejeli FR, v primerjavi z bolniki, ki so prejeli balansirane kristaloide (24).

Zaradi opisanih dognanj uporabo balansiranih kristaloidov vse bolj priporočajo tudi pri otrocih. Sprva so jih uporabljali perioperativno, nato tudi na drugih področjih pediatrije. Vendar pa pri otrocih balansirani kristaloidi niso nadomestili FR, temveč tradicionalne hipotonične raztopine (npr. ¼ Ringerjev laktat v 5 % glukozi), ki so bile večkrat vzrok hiponatremije in hiperglikemije (27). Operirani otroci so namreč nagnjeni k hiponatremiji, saj imajo lahko številne sprožilne vzroke za prekomerno izločanje vazopresina (antidiuretskega hormona (ADH)) (2). V zadnjih letih večina združenj pediatrične anestezije kot perioperativne tekočine priporoča izotonične balansirane elektrolitske raztopine z 1 % do 2,5 % glukozo (28–30). Balansirane kristaloide vse bolj uporabljamo tudi pri drugih akutnih stanjih pri večjih otrocih (npr. akutni dihalni stiski).

ODMERJANJE TEKOČINE: LIBERALNI TEKOČINSKI REŽIM V PRIMERJAVI Z RESTRIKTIVNIM TEKOČINSKIM REŽIMOM

Že več kot pol stoletja za izračun dnevniht tekočinskih potreb pri dojenčkih in majhnih otrocih uporabljamo Holliday-Segarjevo formulo, ki določa potrebo po tekočini glede na energijske potrebe (1 mL H₂O = 1 kcal): za prvih 10 kg telesne teže 100 ml tekočine/kg, za nadaljnjih 10 kg telesne teže 50 ml tekočine/kg in za telesno težo > 20 kg 20 ml tekočine/kg (31, 32). Holliday-Segarjeva formula opredeljuje tudi osnovne elektrolitske potrebe: Na – 3 mEq/100 ml H₂O, Cl – 2 mEq/100 ml H₂O in K – 2 mEq/100 l H₂O. Pri večjih otrocih je bolj primeren izračun potrebe po telesnih tekočinah glede na tele-

sno površino po formuli 1500 ml/m². Metoda je primerna le za otroke, starejše od enega leta, ali otroke, težje od 10 kg (32).

Holliday-Segarjeva formula priporoča uporabo hipotoničnih vzdrževalnih raztopin, ki preprečujejo nastanek hipernatremije (31), a je osnovana za bazalne presnovne potrebe zdravega otroka in ne upošteva vseh motenj v ravnovesju vode in elektrolitov, ki nastanejo pri akutno bolnem otroku (1, 2). Pri akutno bolnem otroku namreč pogosto nastopita prekomerno izločanje ADH in kopičenje vode (1). Kljub temu hipotonične vzdrževalne tekočine še vedno v veliki meri uporabljamo pri odraslih in pri otrocih (1). Nevarnosti uporabe hipotoničnih vzdrževalnih tekočin so iatrogena hiponatremija s posledičnimi nevrološkimi okvarami in celo smrtjo (1, 2). Več avtorjev zato pri akutno bolnih otrocih priporoča izotonične vzdrževalne tekočine s sestavo, podobno sestavi plazme – balansiranih kristaloidov (1, 2, 18). Zagovorniki hipotoničnih vzdrževalnih raztopin, ki svarijo pred nevarnostjo hipernatremije in hiperkloremije s posledičnima presnovno acidozo in volumsko obremenitvijo, pa v primeru prekomernega izločanja ADH zagovarjajo uporabo hipotoničnih vzdrževalnih tekočin s skrbnejšim nadzorom in z omejitvijo vnosa (33).

Formule za izračun tekočinskih potreb pri akutno bolnih otrocih so tako le izhodiščna osnova. Tekočinski vnos in sestavo infuzijske raztopine namreč dnevno prilagajamo glede na klinično sliko in laboratorijske izvide. Tekočinski vnos moramo včasih zmanjšati, npr. pri srčnem popuščanju, oliguriji in prekomernem izločanju ADH, pri povečanih izgubah pa povečati (1). Pri akutno bolnih otrocih večkrat opazimo prekomerno izločanje ADH, saj so hemodinamski dražljaji (izguba tekočine, hipotenzija, srčno popuščanje, ciroza, nefrotski sindrom, sepsa) in nehemodinamski dražljaji (bolečina, stres, povišana telesna temperatura, slabost, bruhanje, hipoksemija, hiperkapnija, hipoglikemija) za izločanje ADH številni (1, 34). ADH se lahko preko-

merno sprošča tudi pri malignih boleznih, okvarah osrednjega živčevja, pljučnih boleznih in okužbah (35). Prekomerno izločanje ADH povzročajo tudi nekatera zdravila (opiat, ciklofosamid, vinkristin, zaviralci privzema serotonina, okskarbazepin, fenotiazini, barbiturati, dušikov monoksid, nesteroidna protivnetna zdravila idr.) in nekatera mamila (npr. 3,4-metilenedioksimetamfetamin – MDMA, tj. ekstazi) (1, 2, 36). Prekomerno izločanje ADH je danes najpogostejši vzrok hiponatremije (1). Izsledki večjega števila raziskav kažejo, da je prekomeren vnos tekočin v nekaterih kliničnih stanjih (možganski edem, akutna dihalna stiska) povezan s slabšim izidom zdravljenja (37, 38).

Znano je, da akutna dihalna stiska lahko sproži prekomerno izločanje ADH. Tako po začetnem zdravljenju morebitnega hipovolemičnega šoka ob pojavu prekomernega izločanja ADH priporočajo omejen vnos tekočin za otroke s pljučnico, akutnim poslabšanjem astme, bronhiolitisom in tuberkulozo (1). V manjši prospektivni raziskavi na vzorcu 94 dojenčkov z blagim in nezapletenim bronhiolitisom se intravenske vzdrževalne tekočine niso izkazale kot koristne in niso skrajšale časa bivanja v bolnišnici, zato rutinske uporabe intravenskih vzdrževalnih tekočin pri njih ne priporočajo (39).

Za akutno poškodbo pljuč in akutni sindrom dihalne stiske (ARDS) pri otroku je značilna prekomerna količina zunajpljučne vode, zato je prekomeren vnos tekočin povezan s slabšim izidom zdravljenja, negativna tekočinska bilanca pa z boljšim izidom zdravljenja (37, 38, 40, 41). Pri otrocih, ki so mehansko predihavani, so potrebe po tekočini manjše. Mehansko predihavanje zmanjša »nevidno« izgubo vode zaradi vlaženja vpihovanega zraka. Hkrati tudi zmanjša otrokove energijske in tekočinske potrebe ter lahko celo sproži prekomerno izločanje ADH. Za mehansko predihavane otroke v akutni dihalni stiski zato priporočajo le vnos 2/3 običajnih dnevnih tekočin. Cilj je ničelna ali celo negativna tekočinska bilanca (40).

Huda poškodba glave ter znotrajlobanjske krvavitve in ekspanzivne lezije so povezane s prekomernim izločanjem ADH, zato dnevne vzdrževalne tekočine omejimo (1). Pri otrocih z možganskim edemom je koristna uporaba hipertoničnega NaCl (12, 15). Pri otrocih s hudo poškodbo glave in nevarnostjo možganskega edema na začetku kot vzdrževalno tekočino uporabimo FR in šele nato dodamo glukozo ob skrbnem spremljanju glikemije.

Restriktiven tekočinski režim vse bolj omenjajo tudi pri zdravljenju septičnega šoka. Raziskava FEAST pri otrocih s hudo okužbo v Podsaharski Afriki pomeni pomemben preskok v razmišljanju o tekočinskem zdravljenju. Pokazali so namreč, da je lahko tekočina tudi škodljiva, saj je bila umrljivost pri otrocih, ki so prejeli tekočinski bolus, bistveno večja (42). Raziskave, v katerih preučujejo restriktivno tekočinsko zdravljenje tudi pri otrocih s septičnim šokom v razvitih državah, že potekajo (43).

ZAKLJUČEK

Pred odločitvijo o intravenskem tekočinskem zdravljenju akutno bolnega otroka moramo skrbno pretehtati, ali je takšno zdravljenje v resnici potrebno. Šele nato izberemo pravilno tekočino in pravičen odmerek. Tekočinsko zdravljenje zahteva tudi natančen nadzor nad tekočinskim vnosom in tekočinskimi izgubami, skrbno spremljanje klinične slike in pogosto spremljanje koncentracije glukoze in elektrolitov v serumu. Splošna načela, opisana v prispevku, so le osnova, na katero se opiramo pri tekočinskem in elektrolitskem vodenju otroka, saj zdravljenje pogosto zahteva individualiziran pristop.

LITERATURA

- Moritz ML, Ayus JC. Maintenance intravenous fluids in acutely ill patients. *N Engl J Med* 2015; 373: 1350–60.
- Cavari Y, Pitfeld AF, Kissoon N. Intravenous maintenance fluids revisited. *Pediatr Emerg Care* 2013; 29: 1225–8.
- Bailey AG, McNaull PP, Jooste E, Tuchman JB. Perioperative crystalloid and colloid fluid management in children: where are we and how did we get here? *Anesth Analg* 2010; 110: 375–90.
- Grošelj Grenc M, Gradišek P. Kristaloidi. 16. mednarodni simpozij o urgentni medicini – Zbornik predavanj. Ljubljana: Slovensko združenje za urgentno medicino 2009: 216–9.
- Boldt J. Fluid choice for resuscitation of the trauma patient: a review of the physiological, pharmacological, and clinical evidence. *Can J Anaesth* 2004; 51: 500–13.
- Devlin JW, Barletta JF. Albumin for fluid resuscitation: implications of the saline versus albumin fluid evaluation. *Am J Health Syst Pharm* 2005; 62: 637–42.
- Brierley J, Carcillo JA, Choong K, Cornell T, Decaen A, Deymann A et al. Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American College of Critical Care Medicine. *Crit Care Med* 2009; 37: 666–88.
- Boldt J. Use of albumin: an update. *Br J Anaesth* 2010; 104: 276–84.
- Grošelj Grenc M, Gradišek P. Tekočinska reanimacija. XIV. Izobraževalni seminar Kritično bolan in poškodovan otrok – razpoznava zdravljenje in prevoz – Zbornik predavanj. Ljubljana: Klinični oddelek za otroško kirurgijo in intenzivno terapijo 2010: 49–54.
- Mutter TC, Ruth CA, Dart AB. Hydroxyethyl starch (HES) versus other fluid therapies: effects on kidney function. *Cochrane Database Syst Rev* 2013; 7: CD007594.
- Li L, Li Y, Xu X, Xu B, Ren R, Liu Y et al. Safety evaluation on low-molecular-weight hydroxyethyl starch for volume expansion therapy in pediatric patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care* 2015; 19: 79.

12. Van de Voorde P. European paediatric advanced life support. ERC guidelines 2015 edition. Course manual. 5th ed. European Resuscitation Council; 2015.
13. Van der Linden P, Dumoulin M, Van Lerberghe C, Torres CS, Willems A, Faraoni D. Efficacy and safety of 6% hydroxyethyl starch 130/0.4 (Voluven) for perioperative volume replacement in children undergoing cardiac surgery: a propensity-matched analysis. *Crit Care* 2015; 19: 87.
14. Sümpelmann R, Kretz FJ, Luntzer R, de Leeuw TG, Mixa V, Gäbler R et al. Hydroxyethyl starch 130/0.42/6:1 for perioperative plasma volume replacement in 1130 children: results of an European prospective multicenter observational postauthorization safety study (PASS). *Paediatr Anaesth* 2012; 22: 371–8.
15. Samuels M, Wieteska S. Advanced paediatric life support: a practical approach to emergencies. 6th ed. Oxford: BMJ Books; 2016.
16. Dellinger RP, Levy MM, Rhodes A, Annane D, Gerlach H, Opal SM et al. Surviving sepsis campaign guidelines committee including the Pediatric subgroup. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2012. *Crit Care Med* 2013; 41: 580–637.
17. Gwinnutt C. European trauma course. The team approach. The European trauma course manual. 3rd ed. European Trauma Course Organisation; 2015.
18. Raman S, Peters MJ. Fluid management in the critically ill child. *Pediatr Nephrol* 2014; 29: 23–34.
19. Guarino A, Ashkenazi S, Gendrel D, Lo Vecchio A, Shamir R, Szajewska H et al. European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition/European Society for Pediatric Infectious Diseases evidence-based guidelines for the management of acute gastroenteritis in children in Europe: update 2014. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2014; 59: 132–52.
20. Vesel T. Pristop k otroku z anafilaksijo. IV. Šola urgence – Zbornik predavanj. Ljubljana: Slovensko združenje za urgentno medicino 2016: 181–7.
21. Molyneux EM, Maitland K. Intravenous fluids—getting the balance right. *N Engl J Med* 2005; 353: 941–4.
22. Boldt J. New light on intravascular volume replacement regimens: what did we learn from the past three years? *Anesth Analg* 2003; 97: 1595–604.
23. Takil A, Eti Z, Irmak P, Yilmaz Göğüş F. Early postoperative respiratory acidosis after large intravascular volume infusion of lactated ringer's solution during major spine surgery. *Anesth Analg* 2002; 95: 294–8.
24. Allen SJ. Fluid therapy and outcome: balance is best. *JECT* 2014; 46: 28–32.
25. Hoorn EJ. Intravenous fluids: balancing solutions. *J Nephrol* 2017; 30: 485–92.
26. Santi M, Lava SA, Camozzi P, Giannini O, Milani GP, Simonetti GD et al. The great fluid debate: saline or so-called “balanced” salt solutions? *Ital J Pediatr* 2015; 41: 47.
27. Ouchi K, Sugiyama K. Hypotonic fluid reduce serum sodium compared to isotonic fluids during anesthesia induction in pediatric patients undergoing maxillofacial surgery-type of infusion affects blood electrolytes and glucose: an observational study. *BMC Pediatr* 2016; 16: 112.
28. Berger J. Novosti v perioperativnem nadomeščanju tekočin pri otrocih. Otroška kirurgija. 45. obletnica Kliničnega oddelka za otroško kirurgijo in intenzivno terapijo, Kirurška klinika – Zbornik predavanj. Ljubljana: Klinični oddelek za otroško kirurgijo in intenzivno terapijo 2013: 43–47.
29. Choong K, Arora S, Cheng J, Farrokhyar F, Reddy D, Thabane L et al. Hypotonic versus isotonic maintenance fluids after surgery for children: a randomized controlled trial. *Pediatrics* 2011; 128: 857–66.

30. Carandang F, Anglemeyer A, Longhurst CA, Krishnan G, Alexander SR, Kahana M et al. Association between maintenance fluid tonicity and hospital-acquired hyponatremia. *J Pediatr* 2013; 163: 1646–51.
31. Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957; 19: 823–32.
32. Derganc M. Tekočinsko zdravljenje otroka s kirurškim obolenjem. *Zdrav Vestn* 1980; 49: 519–23.
33. Seifter JL. Maintenance intravenous fluids in acutely ill patients. *N Engl J Med* 2016 21; 374: 289.
34. Danziger J, Zeidel ML. Osmotic homeostasis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2015; 10: 852–62.
35. Ellison DH, Berl T. The syndrome of inappropriate antidiuresis. *N Engl J Med* 2007; 356: 2064–72.
36. Greenberg A, Verbalis JG, Amin AN, Burst VR, Chiodo JA, Chiong JR et al. Current treatment practice and outcomes. Report of the hyponatremia registry. *Kidney Int* 2015; 88: 167–77.
37. Flori HR, Church G, Liu KD, Gildengorin G, Matthay MA. Positive fluid balance is associated with higher mortality and prolonged mechanical ventilation in pediatric patients with acute lung injury. *Crit Care Res Pract* 2011; 2011: 854142.
38. Valentine SL, Sapru A, Higgerson RA, Spinnella PC, Flori HR, Graham DA et al. Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigator's (PALISI) Network; Acute Respiratory Distress Syndrome Clinical Research Network (ARDSNet). Fluid balance in critically ill children with acute lung injury. *Crit Care Med* 2012; 40: 2883–9.
39. Yıldırım Ş, Kaymaz N, Topaloğlu N, Köksal Binnetoğlu F, Tekin M, Aylanç H et al. Do we really ponder about necessity of intravenous hydration in acute bronchiolitis? *Colomb Med (Cali)* 2016; 47: 21–4.
40. Carcillo JA. Intravenous fluid choices in critically ill children. *Curr Opin Crit Care* 2014; 20: 396–401.
41. Silversides JA, Major E, Ferguson AJ, Mann EE, McAuley DF, Marshall JC et al. Conservative fluid management or dereuscitation for patients with sepsis or acute respiratory distress syndrome following the resuscitation phase of critical illness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 2017; 43: 155–70.
42. Maitland K, Kiguli S, Opoka RO, Engoru C, Olupot-Olupot P, Akech SO et al; FEAST Trial Group. Mortality after fluid bolus in African children with severe infection. *N Engl J Med* 2011; 364: 2483–95.
43. O'Hara CB, Canter RR, Mouncey PR, Carter A, Jones N, Nadel S et al. A qualitative feasibility study to inform a randomised controlled trial of fluid bolus therapy in septic shock. *Arch Dis Child* 2018; 103: 28–32.

Kontaktna oseba / Contact person:

Doc. dr. Mojca Grošelj Grenc, dr. med.
Klinični oddelek za neonatologijo
Pediatrična klinika
Univerzitetni klinični center Ljubljana
Bohoričeva 20
SI-1525 Ljubljana
Slovenija
E-pošta: mojca.groselj@kclj.si

Prispelo/Received: 13. 5. 2018
Sprejeto/Accepted: 19. 8. 2018