

# Suolaa, suolaa, enemmän suolaa...

## Lasten perioperatiivisesta nestehoidosta

Riku Aantaa, Tuula Manner ja Sanna Vilo

Reilut 50 vuotta sitten Malcolm Holliday ja William Segar mittailivat kalorimetrialla perusterveiden sairaalahoidossa olevien lasten energiankulutusta, jonka pohjalta määritettiin nesteen ja elektrolyyttien tarve – näin syntyi maailmankuulu Holliday-Segarin kaava, jota on sovellettu vuosikymmenien ajan kaikkeen lasten nestehoitoon<sup>1</sup>. Elektrolyyttitarve määriteltiin äidin- ja lehmänmaidon elektrolyyttipitoisuuksiin tukeutuen. Viime vuosien aikana kaava on asetettu kriittiseen tarkasteluun ja nyky-ymmärryksen mukaan kaava yliarvioi sekä energian että nesteen tarpeen ja toisaalta ohjeistaa käyttämään plasman suhteen reilusti hypotonisia nesteitä. Ironista kyllä, pediatristen potilaiden perusnestehoidon osalta mielipiteet vaihtelevat suuresti koskien sekä nesteen ja glukoosin määrällistä tarvetta että käytettävän liuoksen elektrolyyttisisältöä. Perioperatiivisesta käytöstä tietomme on selkeämpi: Holliday-Segarin kaavan ohjeistamalla nesteen koostumuksella ja määrällä voi olla jopa hengenvaarallisia seuraamuksia!

### Holliday-Segarin 4–2–1-sääntö

Parenteraalisessa nesteytyksessä pediatriisella potilaalla nesteen ja kalorien tarpeen määrä lasketaan yhä edelleen Holliday-Segarin kaavalla, tutulla 4–2–1-säännöllä: alle 10 kg lapsille 4 ml/kg/h, 10–20 kiloiselle lapselle 40 ml/h + 2 ml/kg/h jokaiselle yli 10 kg menevälle painokilolle ja yli 20 kg lapsille 60 ml/kg/h ja 1 ml/kg/h jokaista 20 kg ylitävää painokiloa kohti.

Lindahl totesi, että anestesoidun lapsen energian tarve putoaa noin puoleen Holliday-Segarin laskemasta energian tarpeesta, mutta veden tarve on 1,6-kertainen energiatarpeeseen nähden, joten nestemäärät korreloivat keskenään<sup>2</sup>. Huomioitavaa on, että postoperatiiviselle lapselle, jolla on kohonnut ADH:n erityis, toimenpidepäivän nestetarpeeksi tulee laskea noin 70 % Holliday-Segarin ehdottamasta määrästä. Nestehoidon riittävyttä arvioitaessa on hyvä muistaa, että edelleenkin

tärkein nesteytyksen ja tarvittavan veden määrän mittari on munuaisfunktio ja vähintään 1 ml/kg/h diureesi!

### Sokerin tarve perioperatiivisesti

Perinteisesti pediatrit ovat tunteneet suurta huolta lapsipotilaan glukoosinsaannista ja hypoglykemian pelko aiheutti aikanaan lapsilla rutiininomaisen glukoosin käytön leikkauksenaikaisessa nestehoidossa. Kuitenkin tiedetään, että anestesoidun lapsen energian tarve on lähellä perusaineenvaihdunnan määrää<sup>2</sup>. Toisaalta myös leikkaukseen liittyvä stressivaste nostaa verensokeria. Huolimatta jopa pitkistä paastoajoista normaalin, terveen vastasyntyneen ja isomman lapsen riski paastohypoglykemialle on pieni, vain 1–2 % luokkaa<sup>3–10</sup>.

Hyperglykemian tiedetään aiheuttavan osmootista diureesia, kuivumista ja elektrolyyttihäiriötä, minkä vuoksi sokerin liiallista antoa ja hyper-

glykemiaa intra- ja postoperatiivisesti tulee välttää<sup>11,12</sup>. Imeväisillä ja pienillä lapsilla suositellaan perioperatiiviseksi nesteeksi 1–2 % sokeriliuosta Ringer-laktaatissa, vanhemmille lapsille sokeritonta, isotonista nestettä<sup>4,5,9</sup>.

## Hyponatremian riski ja ADH

Antidiureettinen hormoni ADH eli vasopressiini on elimistön tärkein nestetasapainoa ylläpitävä hormoni. Se syntetisoidaan hypotalamuksessa ja erittyy vereen aivolisäkkeen takalohkon kautta. ADH aiheuttaa jo pieninä pitoisuuksina veden takaisinimeytymisen munuaisten distaalista tiehyistä ja kokoojaputkista ja täten virtsan väkevöitymisen. Suurina pitoisuuksina ADH aikaansaa verisuonia supistavan vaikutuksen ja sitä kautta verenpaineen nousun.

Normaalioloissa tärkein ADH:n eritykseen vaikuttava tekijä on plasman osmoottinen paine, mutta sairaalla lapsella ADH:n eritystä lisäävät myös monet non-osmoottiset tekijät kuten pahoinvointi, oksentelu, kipu, stressi, lääkkeet (mm. morfiini ja diureetit), hypovolemia ja hypotonia<sup>13</sup>. Perioperatiivisesti potilaalla voi siis olla monta ADH-eritystä stimuloivaa yhtäaikaista tekijää ja tämä reaktio saattaa kestää päiviä. Käytännössä varsin monet muutkin sairaalassa olevat potilaat kuuluvat em. riskiryhmiin, ja hypotonisten nesteiden käyttö aiheuttaa arviolta n. 30 %:lle näistä potilaista hyponatremiaa<sup>14</sup>!

Hypotonisten nesteiden (jota esim. Holliday-Segarin peruskaava ehdottaa ja joissa natriumin määrä on 30–40 mmol/l) ja ADH:n erityksen aiheuttaman nesteretention vuoksi perioperatiiviset lapsipotilaat ovat erityisessä riskissä hyponatremialle ja sen mahdollisesti vakaville seurauksille<sup>15–17</sup>. Alkavan hyponatremian oireet eli väsymys, päänsärky, pahoinvointi ja oksentelu voivat olla vaikeasti havaittavissa postoperatiivisessa vaiheessa.

Lapsipotilailla tiedetään olevan suurentunut riski oireisen hyponatremian kehittymiselle, mikä ajatellaan johtuvan mm. epäsuhtaisesta kallon ja aivojen koon suhteen: jo kuusivuotiaalla on kooltaan aikuisen aivot, mutta luinen kallo saavuttaa aikuisen koon vasta 16-vuotiaana. Tästä syystä vakavat hyponatremian seuraukset kehittyvät lapsilla helpommin, siis korkeammilla Na-arvoilla kuin aikuisilla. Vaikean hyponatremian oireita ovat aivoturvotuksesta johtuva tajunnan tason laske, desorientaatio, pahoinvointi, oksentelu ja vakavimmissa tapauksissa tajuttomuus ja kouristelu.

## Kirjallisuudesta opittua

Kirjallisuudessa on 80-luvun lopulta alkaen esitetty yli 50 potilastapausta, joissa perioperatiivinen nestehoito on aiheuttanut aikaisemmin terveelle lapselle kuolemaan tai vakavaan neurologiseen vaurioon johtaneen hyponatremian<sup>18</sup>. Kaikille näistä potilaista oli anestesian aikana tai välittömässä postoperatiivisessa vaiheessa annosteltu suurehkoja määriä 2,5 % tai 5 % glukoosia yhdessä 0,18–0,45 % NaCl:n kanssa. Tapaukset eivät välttämättä liittyneet suureen tai vaikeaan kirurgiseen operaatioon, vaan mukana oli esim. tonsillektomian tai kivesleikkauksen läpikäyneitä ”rutiinipauksia”. Raportoidut tapaukset johtivat Englannissa v. 2002 viralliseen kehotukseen välttää hypotonisia liuoksia perioperatiivisesti. Vuonna 2006 British Journal of Anaesthesia:ssa julkaistiin lapsipotilaita hoitaville anesthesiologeille suunnatun kyselyn tulokset, jossa ilmeni hämmästyttävästi, että varoituksesta huolimatta anesthesiologeista yli 60 % edelleen käytti lapsipotilailla hypotonisia liuoksia anestesian aikana ja 75 % postoperatiivisesti<sup>18</sup>.

Aiheen vakavuudesta huolimatta kontrolloituja, prospektiivisiä tutkimuksia riittävän suurilla potilasmäärillä on hyvin vähän. Skolioosikirurgias- ta on muutamia julkaisuja, joissa on osoitettu hypotonisten liuosten annostelun perioperatiivisesti laskevan merkittävästi seerumin Na-arvoja. Viime vuosilta löytyy kolme prospektiivistä randomoitua työtä, joissa on vertailtu hypotonista ja isotonista nestettä yhteensä lähes 300 lapsipotilaalla<sup>19–21</sup>. Niidenkin tulokset osoittavat kiistatta, että leikkauksen yhteydessä annostellut hypotoniset liuokset laskevat seerumin Na-pitoisuutta. Kahdessa näistä töistä osoitettiin lisäksi, että hypotonisen liuoksen määrällä ei ole merkitystä hyponatremian kehittymiselle: Na-arvot laskivat, vaikka annetun nesteen määrä rajoitettiin vain 50–60 %:iin arvioidusta nestetarpeesta. Vastaavasti 0,9 % keittosuolaliuos ei aiheuttanut hypernatremiaa, vaikka sitä annosteltiin vastaavalla rajoituksella.

Bailey'n ja kumppanien uunituore katsausartikkeli käsittelee kristalloidien ja kolloidien käyttöä lapsipotilaiden perioperatiivisessa nestehoidossa<sup>22</sup>. Kirjoittajien mielestä isotonisten liuosten käytön leikkauksen aikana tulisi olla itsestään selvää, mutta myös postoperatiivisesti pitäisi jatkaa nykyistä käytäntöä suuremmalla natriumin tarjonnalla. He ehdottavat, että pediatrialle potilaille ei pitäisi olla saatavillakaan alle 0,45 % NaCl-vahvuisia infuusioliuoksia.

Katsausartikkeliä referoiva Moritz'in ja Ayus'n pääkirjoitus painottaa vielä voimakkaammin isotonisen liuoksen eli 0,9 % NaCl:n käyttöä postoperatiivisessa nestehoidossa 24–48 h leikkauksen jälkeen<sup>23</sup>. Heidän mukaansa 0,9 % NaCl ei pitkällä aikavälilläkään aiheuta intravaskulaaritalan lisäystä, hypernatremiaa, asidoosia tai hyponatremiaa ylisuolauksen pohjalta. Ringerin laktaattiakin ("lähes-isotoninen") pidettiin mahdollisesti hyponatremiaa aiheuttavana ja sitä käytettäessä suositeltiin Na-arvoja kontrolloitavaksi.

Vuonna 2004 Holliday ja Segar ilmoittivat muutoksesta alkuperäiseen nesteohjeeseensa<sup>24</sup>. He ehdottivat perioperatiivisen nestehoidon aloitusta 20–40 ml/kg keittosuolalla, minkä jälkeen nestehoitoa suositeltiin jatkettavaksi puolella alkupe- räisen kaavan mukaisesta perusnestetarpeesta ensimmäisen nestehoitovuorokauden ajan. Jatkossa Na-pitoisuutta kehoitettiin kontrolloitavaksi säännöllisesti. He selittivät, että korjaus on välttämätön non-osmoottisen ADH-erityksen kompensaa- tioksi.

Ranskalaiset kollegamme ovat jo vuosia sit- ten räätälöineet lapsipotilaille oman liuoksen perioperatiiviseen käyttöön. Polyionique B66-nimi- nen valmiste muistuttaa Ringerin laktaattia sillä erotuksella, että siihen on lisätty 0,9 % glukoosia ja vastaavasti vähennetty natriumin määräksi 120 mmol/l, jotta liuoksen osmolalisuus säilyisi muut- tumattomana<sup>25</sup>.

## Oma käytäntömme TYKS:ssa

2000-luvulla julkaistut traagiset tapauselostuk- set aukaisivat silmämme huomaamaan hyponatremian riskit, minkä johdosta muutama vuosi sitten uusimme lasten perioperatiivisen nestehoidon oh- jeistuksen. Yli 10-kiloiset lapsipotilaat saavat nykyisin leikkauksenaikaisena perusnesteenä Ringe- rin liuosta. Toimenpidepäivän nesteen perustar- peeksi arvioidaan 70 % Holliday-Segarin kaavas- ta. Normaalin pituista preoperatiivista paastoa ei korvata erikseen ja anestesian jälkeen sama liuos jatkuu siihen saakka, kunnes lapsi pystyy ja haluaa ottaa suun kautta. Toimenpiteeseen liittyvä haih- tuminen korvataan normaalin käytännön mukai- sesti samaa liuosta käyttäen. Glukoosia sisältävä liuosta infusoidaan Ringerin ohella vain niille po- tilaille, jotka ovat edeltävästi saaneet parenteraalis- ta ravitsemusta tai sairastavat jotain sokeriaineen- vaihduntaan liittyvää endokrinologista sairautta. Näiden potilaiden veren glukoosipitoisuutta tulee luonnollisesti seurata tarkasti.

Alle 10-kiloisille lapsille aloitetaan perusnes- teeksi sairaala-apteekkimme valmistama erikois- liuos, jossa Ringer-asetattiin on lisätty 1 % glu- koosia (liuoksen osmolaliteetti 326 mOsm/l). TYKS:n sairaala-apteekin valmistaman liuoksen käyttöikä on 1 kk, ja valmistus luonnollisesti li- sää kustannuksia kaupallisiin liuoksiin verrattuna. Glukoosin lisäys nostaa tuotteen osmolaliteettia, mutta katsoimme tämän kompromissin hyväksyt- täväksi. Annostus on sama kuin isommillakin lap- silla, ja käytämme aina infuusioautomaattia yli- annostuksen välttämiseksi. Siirtymävaiheessa mitta- simme noin sadalta imeväisikäiseltä anestesian ai- kana verensokeriarvon, emmekä todenneet ainut- takaan hypoglykemistä arvoa. Postoperatiivisesti nesteytystä tarvitsevat pyrimme hoitamaan iso- tonisella nesteellä, jossa on tarvittaessa sokerili- sä, esim. NaCl 0,9 % G5 %. Lisäämme liuokseen kaliumia tarpeen mukaan. Vuoden 2009 lopulla teimme muutaman kuukauden pituisen Na-arvo- jen kartoituksen niillä potilailla, joilla nestehoito jatkui toimenpidettä seuraavaan aamuun. Kaikki mitatut Na-arvot olivat normaalirajoissa.

Käytännön ongelma on sopivan kaupallisen perusnesteen puuttuminen. Olisi hienoa, jos jo- ku toisi markkinoille liuoksen, jossa fysiologisessa keittosuolaliuoksessa olisi hiukan sokeria (1–5 %) ja jonkin verran kaliumia! □

## Viitteet

1. Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in par- enteral fluid therapy. *Pediatrics* 1957;1 9: 823–32.
2. Lindahl SG. Energy expenditure and fluid and electro- lyte requirements in anesthetized infants and children. *Anesthesiology* 1998; 69: 377–82.
3. Aun CS, Panesar NS. Paediatric glucose homeostasis during an- aesthesia. *Br J Anaesth* 1990; 64: 413–418.
4. Dubois M, Gouyet L, Murat I. Lactated Ringer with 1 % dextrose: an appropriate solution for peri-operative fluid therapy in chil- dren. *Paediatr Anaesth* 1992; 2: 99–104.
5. Hongnat J, Murat I, Saint-Maurice C. Evaluation of current pae- diatric guidelines for fluid therapy using two different dextrose hydrating solutions. *Paediatr Anaesth* 1991; 1: 95–100.
6. Jensen BH, Wernberg M, Andersen M. Preoperative starvation and blood glucose concentrations in children undergoing inpa- tient and outpatient anaesthesia. *Br J Anaesth* 1982; 54: 1071– 1074.
7. Nilsson K, Larsson LE, Andreasson S et al. Blood-glucose con- centrations during anaesthesia in children. Effects of starvation and perioperative fluid therapy. *Br J Anaesth* 1984; 56: 375–379.
8. Payne K, Ireland P. Plasma glucose levels in the peri-operative period in children. *Anaesthesia* 1984; 39: 868–872.
9. Welborn LG, Hannallah RS, McGill WA et al. Glucose concentra- tions for routine intravenous infusion in pediatric outpatient surgery. *Anesthesiology* 1987; 67: 427–430.
10. Welborn LG, McGill WA, Hannallah RS et al. Perioperative blood glucose concentrations in pediatric outpatients. *Anesthesiology* 1986; 65: 543–547.
11. Sieber FE, Smith DS, Traystman RJ et al. Glucose: a reevaluation of its intraoperative use. *Anesthesiology* 1987; 67: 72–81.

12. Leelanukrom R, Cunliffe M. Intraoperative fluid and glucose management in children. *Paediatr Anaesth* 2000; 10: 353–59.
13. Moritz ML, Ayus JC. Hospital-acquired hyponatremia– why are hypotonic parenteral fluids still being used? *Nat Clin Pract Nephrol* 2007; 3: 374–82.
14. Hoorn EJ, Geary D, Robb M, Halperin ML, Bohn D (2004). Acute hyponatremia related to intravenous fluid administration in hospitalized children: an observational study. *Pediatrics* 2004; 113: 1279–1284.
15. Arieff AI. Hyponatremia, convulsions, respiratory arrest, and permanent brain damage after elective surgery in healthy women. *N Engl J Med*. 1986; 314: 1529–1535.
16. Arieff AI, Ayus JC, Fraser CL. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children. *BMJ*. 1992; 304 : 1218–1222.
17. Halberthal M, Halperin ML, Bohn D. Acute hyponatraemia in children admitted to hospital: retrospective analysis of factors contributing to its development and resolution. *BMJ*. 2001; 322: 780–782.
18. Way C, Dhamrait R, Wade A, ym. Perioperative fluid therapy in children: a survey of current prescribing practice. *Br J Anaesth* 2006; 97: 371–9.
19. Montanana PA, Modesto I, Alapont V, ym. The use of isotonic fluid as maintenance therapy prevents iatrogenic hyponatremia in pediatrics: a randomized, controlled open study. *Pediatr Crit Care Med* 2008; 9: 589–97.
20. Neville KA, Sandeman DJ, Rubinstein A, ym. Prevention of hyponatremia during maintenance intravenous fluid administration: a prospective randomized study of fluid type versus fluid rate. *J Pediatr epub* October 7, 2009.
21. Yung M, Keeley S. Randomised controlled trial of intravenous maintenance fluids. *J Paediatr Child Health* 2009; 45: 9–14.
22. Bailey AG, McNaull PP, Jooste E, ym. Perioperative crystalloid and colloid fluid management in children: Where are we and how did we get there. *Anesth Analg* 2010; 110: 375–90.
23. Moritz ML, Ayus JC. Water water everywhere: Standardizing postoperative fluid therapy with 0.9 % normal saline. *Anesth Analg* 2010; 110: 293–5.
24. Holliday MA, Friedman AL, Segar We, ym. Acute hospital-induced hyponatremia in children: a physiologic approach. *J Pediatr* 2004; 145: 584–7.
25. Murat I, Dubois M-C. Perioperative fluid therapy in pediatrics. *Ped Anesth* 2008; 18: 363–70.

*Riku Aantaa*  
dosentti, anesthesiologian erikoislääkäri  
riku.aantaa[a]tyks.fi

*Tuula Manner*  
dosentti, anesthesiologian erikoislääkäri  
tuula.manner[a]tyks.fi

*Sanna Vilo*  
LL, anesthesiologian erikoislääkäri  
sanna.vilo[a]tyks.fi  
TYKS, ATEK-klinikka