



Kosti Koivisto-Kokko

LL, erikoislääkäri

Lasten anesthesiologian ja tehohoidon erityispätevyys,

Ensihoidon erityispätevyys

Varha, Tyks, Totek ja Ensihoito

kosti.koivisto-kokko@varha.fi

Lasten vammojen erityispiirteitä

Työssäni olen kohdannut valitettavan monia vaikeasti vammautuneita lapsia ja joutunut hoitamaan monia heistä olemattomilla resursseilla sota-alueilla. Toisaalta olen päässyt perehtymään lasten tehohoitoon joissakin alan arvostetuimmista yksiköissä Englannissa, Kanadassa, Australiassa ja Uudessa Seelannissa. Tämä artikkeli perustuu omiin, kliinisen kokemuksen perusteella muodostuneisiin käytäntöihin lasten vaikeiden monivammojen hoidossa.

Hoitohenkilökunnalle on henkisesti raskasta kohdata vakavasti loukkaantunut lapsipotilas. Hoidon aloitusta vaikeuttaa lisäksi se, että vammautunut lapsi saapuu usein sairaalaan niin, ettei vammojen laajuutta tai vakavuutta ole tunnustettu oikein.

Ulkoisten vammojen perusteella ei voi luotettavasti tehdä tulkintoja lapsen vammojen asteesta. Lapsen luusto on joustavaa, ja kompensatiomekanismit elintoimintojen ylläpitämiseksi ovat uskomattoman hyvät. Joustava rintakehä mahdollistaa vakavankin keuhkovamman, vaikka ainoakaan kylkiluu ei olisi murtunut, koska rintakehä on hyvin joustava. Lapsen pää suhteessa vartaloon on painava, ja luutumaton kallo joustaa: matalampikin energia saattaa aiheuttaa vakavan aivokudoksen vamman. Suhteessa suuret vatsan elimet yhdistyneenä ohueen vatsapeitteeseen muodostavat yhdistelmän, jossa sisäelinten verenvuotoja ja suoliston repeämiä syntyy herkästi. Selkäydin saattaa vaurioitua ilman luumurtumia, koska nikamat ovat joustavia ja nivelsiteet antavat periksi. Vastaavasti raajojen luut ovat joustavat ja niiden murtumiseen tarvitaan paljon energiaa.

Monivammautuneen ja epästabiilin lapsen kuvantamistapa alkuvaiheessa on aina trauma TT. Ultraäänellä näkyvyys kudoksiin on hyvä, mutta kaikkea ei luotettavasti saa tarkistettua. Traumaattisten vammojen tunnistaminen radio-

logisista kuvista saattaa olla vaikeampaa kuin aikuispotilailla, koska lasten vammat eivät sijaitse välttämättä aikuispotilaille tyypillisissä paikoissa, eivätkä näytä samalta.

Lasten vammojen hoito on muuttunut koko ajan konservatiivisempaan suuntaan: muun muassa maksa-, perna- ja haimavammoja pystytään hoitamaan usein ilman leikkausta. Luisten rakenteiden hoidossa sen sijaan joudutaan usein kirurgiseen hoitoon. Korjausleikkauksen ajankohta on syytä harkita tarkkaan, jos potilaalla on myös pään vamma. Pitkän leikkauksen aikana monet tekijät voivat altistaa kallonsisäisen paineen (ICP) nousulle. Aivopaineen (ICP) mittaus onkin usein leikkauksen aikana tarpeen, jos potilas joutuu leikkaukseen pian vammautumisen jälkeen. Infektioriskin hallitsemiseksi ja paranehmissen optimoimiseksi monivammoissa kannattaa pitää mielessä myös eksterni fiksaatio hoitovaihtoehtona. Laajoissa luustovammoissa on iso riski rasvaemboliaan, jonka hoito on vaikeaa ja tila on hengenvaarallinen (6).

Kokemusta ja tutkimustietoa lasten vakavien vammojen hoidosta kertyy hitaasti, koska vakavat vammat nuorena ikäryhmässä ovat harvinaisia. Muutoksia lasten hoitoprotokolliin tehdään tuskaisen hitaasti ja varoen, eikä yhteispohjoismaisista tai edes valtakunnallisista protokollista lasten monivammojen hoitamiseksi ole saatavilla.

Lasten kipu on alihoidettua

Hyvä kivun hoito on ensiarvoisen tärkeää vammautuneen lapsen hoidossa. Kipulääkkeen tehokasta annostelua pelätään turhaan, sillä tuskissaan olevan lapsen hengitystä tai tajuntaa ei menetetä asianmukaisella kivunhoidolla. Kipu sen sijaan aiheuttaa paljon haittaa. Lapsi ahdistuu, hyperventiloii ja ajaa itseään metabolisesti huonompaan tilanteeseen. Ylimääräistä energiaa kuluu, kun syke ja hengitys kiihtyvät, ja jo valmiiksi heikosti happeutuvien alueiden hapentarjonta huononee maksimaalisen vasokonstriktion vuoksi. pH:n laskiessa veren hyytyminenkin heikentyy. Verenpaine voi nousta, jos reservejä on vielä käytettävissä, johtaen lisääntyneeseen verenhukkaan. Oikea-aikaisella ja riittävällä kipulääkityksellä hapenkulutus laskee ja sydämen sekä verenkiertoelimistön rasitus pienenee. Lapsen ahdistumisen vähentyessä myös luottamus hoitohenkilökuntaa kohtaan lisääntyy.

Monivamman saaneen lapsipotilaan kivunhoito rakennetaan multimodaalisesti. Oksikodoni on suonensisäisesti boluksina annosteltuna valintani kivunhoidon peruslääkkeeksi tehovosastolla. Opiaatti-infusioita en käytä, koska toleranssi kasvaa verraten nopeasti ja vieroitus voi olla haastavaa.

Regionaaliset tekniikat ovat tehokkaita. Epiduraalinen kivunhoito on usein erittäin toimiva ratkaisu. Ultraääni-avusteisesti laitetut puudutukset ovat teknisesti helppoja suorittaa lapsille, ja vaikutuksen kesto on usein selkeästi pidempi kuin aikuisilla. Plexuspuudutusta käytettäessä on muistettava, että vammautuneen raajan verenvuoto voi lisääntyä puudutuksen aiheuttaman vasodilataation seurauksena. Toisaalta iskeemisen raajan verenkierto saattaa kohentua.

Sedaatio lasten teho-osastolla

Vammautuneen lapsen tajunnantason seuraminen on paras keino arvioida lapsen kliinistä kokonaistilaa, merkkejä mahdollisesta aivovammasta ja mahdollisia neurologisia komplikaatioita. Sedaatiova lääkehoito joudutaan aloittamaan, jos vammat ovat laajat ja lapsi on tuskainen. Valittavasti eri sedaatioaineiden turvallisuudesta kehittyviin lapsen aivoihin ei tiedetä vielä tarpeeksi (8).

Ensimmäisen linjan lääkkeenä käytän deksmedetomidiniä, koska sen vaikutukset verenkiertoon ovat vähäiset, sillä on analgeettisia vaikutuksia, eikä se lamaa hengitystä ja kontakti

- Lasten vartalon sisäisten vammojen toteaminen voi olla vaikeaa joustavien luiden ja myötäävien kudosten vuoksi.
- Lapsen aivopaine on matalampi kuin aikuisen, joten vaurioitakin syntyy matalammilla paineilla.
- Vasodilatoiva sedatiiva voi romahduttaa epästabiliin monivammapotilaan hemodynamiikan.
- Toipumisen kannalta oleellista on hoitaa kipua ja huolehtia ravitsemuksesta.

lapseen säilyy. Deksmetomidini voi aiheuttaa bradykardiaa, mikä voi olla edullista hapenkulutuksen tällöin vähentyessä. Toki hapentarjonta saattaa myös heikentyä, jos pulssitaso laskee epätarkoituksenmukaisen matalaksi. En käytä deksmedetomidiniin aloituksessa bolusta enkä kylästysannosta.

Epästabiliin potilaan tehokkaampaan sedaatioon käytän s-ketamiinin ja deksmedetomidiniin yhdistelmää, koska ne kumoavat toistensa haittavaikutuksia, hemodynamiikka pysyy stabiilina ja oma hengitys säilyy. Vielä syvempää sedaatiota tavoiteltaessa lisään lääkitymiseen midatsolaami-infusion. Midatsolaami on hyvä valinta ketamiinin kumppaniksi, koska se vähentää ketamiinin aivojen toimintaa kiihdyttävää vaikutusta (4).

Vasodilatoivan lääkkeen käyttö epästabiliilla monivammapotilaalla voi johtaa hemodynamiikan romahtamiseen ja verenvuodon lisääntymiseen. Korkeassa stressissä ja äärimmäisessä vasokonstriktiossa olevan lapsen sedatoiminen alkuvaiheessa pelkästään midatsolaamilla tai propofolilla voi johtaa hemodynamiikan romahtamiseen elämää ylläpitävän katekoliamiini-myrsyn laantuessa lääkkeen vaikutuksesta.

Intubaatio ja ventilaatiohoidon strategia

Lapsen hengitystien turvaamiseen intubaatiolla on varauduttava, jos ilmenee syvän sedaation tarve. Vammautuneen lapsen hengitystien varmistamiseen tulee aina suhtautua kunnioituksella erityisesti aspiraatorisikin osalta. Koska kipu, stressi ja opioidit hidastavat mahalaukun tyhjenemistä, ei paastoajalla ole merkitystä. Intubaation jälkeen kannattaa aina tarkastaa putken syvyys.

Vammautuneen lapsen keuhkoissa saattaa olla ruhjeita, atelektaseja tai ilmarinta. Viimeksi mainitun suurentuminen siirryttäessä äkillisesti ventilaattorihoitoon saattaa romahduttaa vointia nopeasti, joten monivammapotilaan intubaation ja ventilaatiohoidon aloituksen yhteydessä on hyvä aina varautua torakosenteesiin.

>>

Ilmarinnan tai hemothoraxin hoitoon ultraääniohjattu punktio on kokemukseni mukaan helpoin ja turvallisin tapa asettaa dreeni, sillä lasten pienet kylkivälit tekevät usein avoimesta asettamisesta teknisesti haastavaa. Pallea saattaa myös olla yllättävän korkealla keuhko-, pallea- ja sisäelinvaurioiden sekä vatsaontelon vuodon vuoksi. Pleuradreeni poistetaan mahdollisimman pian, kun keuhkon toiminta on palautettu. Virtsakatetrin kautta kannattaa monitoroida vatsaontelon painetta (IAP), koska sen ventilaatiota huonontavaa vaikutusta ei aina tunnisteta.

Ventilaatiossa tulisi pyrkiä keuhkoja säästävään ventilaatiostrategiaan. Normokapnian tulisi olla lähtökohtainen tavoite ikään sopivalla frekvenssillä ja sisäänhengityksellä. Ventilaattorihoidon tulisi olla mahdollisimman lyhytkestoisista. Spontaanihengityksellä saavutetaan parempi kaasujenvaihto, kun yskiminen ja omatoiminen rekrytointi mahdollistuvat.

Hengityslaittehoidon positiivinen painevaikutus rintaontelossa voi aiheuttaa hemodynamiikan ongelmia. Vaikeasti hypovoleemisella potilaalla verenkierto voi romahtaa sydämen esitäytön äkillisesti huonontuessa ja jos potilaalla on lisäksi sydänkontuusio, ei sydän pysty välttämättä normaaliin työtehoonsa optimaalisissakaan esitäyttöolosuhteissa.

Verenkierron huoltaminen

Monivamman saaneen lapsen verenkierron arviointi ei ole helppoa. Tavoitteena on normovolemia ja verenkierron optimointi pääte-elinten perfuusion takaamiseksi, mutta kukaan ei tiedä mihin verenväpaine tulisi nostaa monivammutuneella lapsella. Verenväpaineen nostoon käytetään usein tarpeettoman paljon nestettä, mikä aiheuttaa turvotusta ja näin heikentää edelleen pääte-elinten verenkiertoa. Verituotteiden käytössä pääpaino on hyytymisstatuksen normalisoinnilla ja verituotteiden annossa käytän samoja periaatteita kuin aikuisilla (7). Lapsen hyytymisstatus muuttuu yliaktiiviseksi akuutin vaiheen jälkeen ja tukostaipumus lisääntyy. Ainakin täysin vuodepotilaana olevan lapsen suosittelee itse trombiiprofylaksiaa ja seuraa sen vastetta laboratoriotuloksilla.

Akuutissa vaiheessa virtsanerityksen seuranta on epäluotettava menetelmä nestetäytön riittävyyden arviointiin, koska antidiureettisen hormonin (ADH) erityksen huipussaan stressin, kivun ja anestesia-aineiden vuoksi. Usein on

tarpeen käyttää myös diureettia tukemaan virtsantuloa. Myös antidiureettisen hormonin epäasianmukaisen erityksen oireyhtymä (SIADH) ja cerebral salt wasting syndrome (CSWS) saattavat sotkea virtsaneritystä potilaalla, jolla on aivokudoksen turvotusta. Sydämen ultraäänitutkimuksen avulla voidaan arvioida nestetäyttyä ja sydämen toimintaa, mutta tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa tekijän kokemus. Mikäli potilaalla on aktiivinen verenvuoto, ei verenväpaine tulisi nostaa liikaa. Permissiivinen hypotensio aktiivivuodon rajoittamiseksi lienee turvallista niin kauan, kun potilaan neurologiaa voidaan luotettavasti arvioida eikä aivovamma ole sotkemassa tavoitteita. Varsinkin vatsan alueen verenkierto sulkeutuu kompensaatiomekanismina shokin alkuvaiheessa, ja laktaatti voikin yllättäen lähteä nousuun, kun tämän alueen perfuusio palautuu.

Vasokonstriktorilääkitys ei välttämättä paranna elintärkeiden elinten perfuusiota vaikka systeemiverenväpaine nousisikin. Usein saattaakin olla tarpeen lisätä milrinoni vasodilataattoriksi varmistamaan elinperfuusiota, kun aloitetaan vasokonstriktori (esim. noradrenaliini) keskiverenväpaineen nostamiseen.

Aivovammutuneen lapsen hoidon periaatteet

Mikäli potilaalla on aivovamma ja aivoturvotusta, tulee verenväpaineen asettamisesta vielä vaikeampaa. Tajuttoman monivammapotilaan kallonsisäinen väpaine on yleensä koholla, joten ICP-mittarin varhainen asennus on usein perusteltua. Mutta miten määritellään riittävä verenkierto aivokudoksen kannalta ja miten sitä voidaan arvioida? Helpointa on tietenkin tajuissaan olevan potilaan neurologian arviointi. Potilaan ollessa tajuton tai nukutettu käytetään ikävakioitua keskiverenväpaineen (MAP) tavoitetta ja aivojen perfuusioväpaineen tavoitetta. Perfuusioväpaine eli CPP lasketaan vähentämällä keskiverenväpaineesta kallonsisäinen väpaine.

Aivojen riittävää verenkiertoa voidaan arvioida myös mittaamalla aivokudoksen happipitoisuutta. Tutkimusten perusteella tiedetään, että jo hetkellinen hypotensio heikentää toipumisen ennustetta aivovammassa. Aivoverisuoneen on vaikea palauttaa verenväpaineen sen kertaalleen sulkeuduttua penumbran alueella. Autoregulaation häiriinnyttyä on lisäksi vaikea arvioida, miten aivoverenkierto reagoi vasokonstriktorin käyttöön.

Lapsen aivopaine on matalampi verrattuna aikuiseen ja vaurioita syntyy todennäköisesti paljon aikuisia matalammilla arvoilla. Näin olen onkin tärkeää ensin pyrkiä kaikin keinoin laskemaan aivopainetta ennen verenpaineen keinoitekoista nostamista. Todennäköisesti pienillä lapsilla jo arvo 10 on korkea ja saattaa aiheuttaa vaurioita kehittyvään aivokudokseen (2). Aggressiivisen hoitorajan tulisikin olla siis merkittävästi aikuista alempi.

Pään nostaminen kohoasentoon, kaulansuonten laskimopaluun optimointi, kuumeilun esto ja aivojen hapenkulutuksen minimointi ovat hoidon kulmakivet. Usein syvä sedaatio tarvittaessa jopa burst suppression asti ja lihasrelaksantin anto ovat tarpeen. Ketamiini ei nosta aivopainetta, mutta saattaa eksitoida aivoja, joten GABA-erginen lääke, kuten midatsolaami, onkin syytä sisällyttää aivovammutuneen sedaatioprotokollaan.

Akuutin aivopaineen nousua hoidetaan sitä kohottavien tekijöiden kartoittamisen ja poistamisen lisäksi osmoottisesti aktiivisilla lääkeaineilla. Itse käytän hypertoniasta keittosuolaa (3). Mannitolin käyttöä monivammutuneella en suosi sen nestetasapainoa häiritsevien vaikutusten vuoksi. Hyperventilaatio aiheuttaa aivoissa vasokonstriktiota heikentäen perfuusiota, mistä syystä vältän sitä. Hyperkapnia lisää verenvirtausta mutta liiallisena nostaa aivopainetta. Aivojen perfuusiopaine täytyy todennäköisesti pitää ainakin yli 50 mmHg:ssä lapsen iästä riippuen. Aivoverenkierron riittävyyden arvio tulisi olla multimodaalista, ei yhteen arvoon perustuvaa (5). Aivopaine- ja arteriakäyrien muoto, potilaan pupillastatus ja aivopainehappi kertovat verenkierron riittävyydestä. Doppler-ultraäänellä voi tarkistaa aivojen hetkellisen verenkierron riittävyyden ja siten selvittää, onko tavoitteeksi valittu CPP riittävä. Menetelmän käyttö vaatii kuitenkin harjaantumista. Vielä vähemmän kuin akuutin aivovamman saaneiden lasten optimaalisesta verenpaineesta tiedetään lasten selkäydinvammojen perfuusiopainetaivoitteista. Itse olen noudattanut niiden hoidossa vähintään samoja tavoitteita kuin aivoperfuusiota uhkaavissa tilanteissa.

Muut keinot edistää toipumista

Vammapotilaan ravitsemus on toipumisen kannalta erittäin tärkeää. Enteraaliseen täysravitsemukseen tulisi pyrkiä mahdollisimman nopeasti. Myös vatsan alueen ja suolistovammojen yhteydessä ravitsemus tulisi aloittaa jo varhain, tarvittaes-

sa aluksi parenteraalisesti. Laajoissa kudostuhoissa ravitsemustarve, etenkin proteiinitarve, usein aliarvioidaan, vaikka tilanne vastaa ravitsemuksellisesti laajaa palovammaa. Epäsuoralla kalorimetrialla voi arvioida ravinnon tarpeen haastavissa tilanteissa. Aliravitsemus johtaa infektoihin ja huonoon toipumiseen. Korkean kipulääketarpeen vuoksi ummetus on vammaopotilailla myös iso ongelma ja sen hoito tulee olla proaktiivista. Potilaan mobilisointi on kuitenkin ehkä tärkeintä suolen toiminnan normalisoinnin kannalta.

Lopullisen hyvän toipumisen kannalta tärkein vaihe on fysioterapia, joka tulisi aloittaa jo varhain teho-osastohoidon aikana. Psykososiaalinen tuki koko perheelle on niin ikään ensiarvoisen tärkeää. Aikuisiin verrattuna lasten toipumiskyky on ihmeellinen ja moni kuntoutuu hyvin hirvittävästikin vammoista.

Olen valitettavasti nähnyt liian monen lapsen menehtyvän vammoihinsa. Vielä useammin olen kuitenkin saanut katsoa videoita ja lukea viestejä mahtavasti toipuneilta pikkupotilailta, vaikka heidän lähtötilanteensa olikin näyttänyt lohduttomalta. ■

Viitteet

1. Appavu B, Foldes ST, Adelson PD. Clinical trials for pediatric traumatic brain injury: definition of insanity? *J Neurosurg Pediatr.* 2019 Jun 1;23(6):661-669.
2. Kempen B, Deptreire B, Piper I, ym. Visualization of the Intracranial Pressure and Time Burden in Childhood Brain Trauma: What We Have Learned One Decade on With KidsBrainIT. *J Neurotrauma.* 2024 Apr 1. doi: 10.1089.
3. Kochanek P, Adelson PD, Rosario PM, ym. Comparison of Intracranial Pressure Measurements Before and After Hypertonic Saline or Mannitol Treatment in Children With Severe Traumatic Brain Injury. *JAMA Netw Open.* 2022 Mar 1;5(3):e220891.
4. Laws JC, Vance EH, Betters KA, ym. Acute Effects of Ketamine on Intracranial Pressure in Children With Severe Traumatic Brain Injury. *Crit Care Med.* 2023; 1;51(5):563-572.
5. Maas AIR, Menon DK, Manley GT, ym. Traumatic brain injury: progress and challenges in prevention, clinical care, and research. *Lancet Neurol.* 2022 Nov;21(11):1004-1060.
6. Piastra M, Picconi E, Morena TC, ym. Multisystemic involvement of post-traumatic fat embolism at a Pediatric Trauma Center: a clinical series and literature review. *Eur J Pediatr.* 2023; 182(4):1811-1821.
7. Russell R, Bauer DF, Goobie SM, ym. Transfusion and Anemia Expertise Initiative—Control/Avoidance of Bleeding (TAXI-CAB), t. P. Plasma and Platelet Transfusion Strategies in Critically Ill Children Following Severe Trauma, Traumatic Brain Injury, and/or Intracranial Hemorrhage: From the Transfusion and Anemia Expertise Initiative—Control/Avoidance of Bleeding. *Pediatr Crit Care Med.* 2022 Jan 1;23(13 Suppl 1 1S):e14-e24.
8. Smith HAB, Besunder JB, Betters KA, ym. J. 2022 Society of Critical Care Medicine Clinical Practice Guidelines on Prevention and Management of Pain, Agitation, Neuromuscular Blockade, and Delirium in Critically Ill Pediatric Patients With Consideration of the ICU Environment and Early Mobility. *Pediatr Crit Care Med.* 2022 Feb 1;23(2):e74-e110.