



Marika Lahdensuo

LL, erikoislääkäri
Lastenanestesiologian ja tehohoidon erityispätevyys
HYKS, ATeK, Uusi lastensairaala, Anestesia- ja leikkausosasto
marika.lahdensuo@hus.fi

Miten hoidan lapsen vakavaa aivovammaa anestesiologina

Vakava lapsen aivovamma osuu yksittäisen anestesia­lääkärin kohdalle harvoin, eikä silloin pääse syntymään vahvaa rutiinia potilaan hoidosta. Tämän artikkelin tarkoitus on tarjota oleellisia käytännön neuvoja lapsen vakavan aivovamman alkuvaiheen hoitoon ja hoitoon leikkaussalissa.

Lasten aivovammojen hoidosta ei ole suomalaista Käypä hoito -suositusta. Tarkastuslista, jossa on hoitotavoitteita ja lapsen ikään sidottuja parametreja, helpottaa potilaan käytännön hoitoa hektisessä tilanteessa. Hoitoa toteutetaan ABCDE-algoritmillä kuten muidenkin traumapotilaiden hoitoa (1). Vuonna 2019 julkaistiin Pediatric Critical Care Medicine -lehdessä kolmas painos Guidelines for the Management

of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury -ohjeistuksesta (2). Näytön aste lasten vakavien aivovammojen hoidossa jäi varsin vaatimattomaksi, randomoitu I tason näyttö jäi puuttumaan. Suurin osa hoitosuosituksista perustuu tutkimustuloksiin näytön asteella II ja III sekä konsensusiin hyvistä hoitokäytännöistä eikä niinkään kovan tason tutkimusnäyttöön.

Lievät lasten aivovammat ovat tavallinen lääkäriin hakeutumisen syy. Lievän aivovamman

erottaminen vakavammasta vammasta voi olla haastava tehtävä kirurgiaan erikoistuvalla lääkärille ja hoitohenkilökunnalle etenkin, jos lapsipotilaan hoitaminen tiimille ei ole päivittäistä tai edes viikottaista rutiinia.

Jos pään vammaa seuraa tajuttomuus, kouristelu, sekavuus, uneliaisuus tai reagoimattomuus ympäristöön, on kyse vakavammasta vammasta. Kuvantaminen ja neurokirurgin konsultaatio ovat tarpeellisia oikean hoitopaikan varmistamiseksi lapsipotilaalle. Kuljettaminen yliopistosairaalan neurokirurgiseen yksikköön vaatii ennakoitua, jotta saadaan lääkärisaattaja mukaan kuljetuk-

Pupillien tarkkailulla huomaat uhkaavan herniaation.

seen. Tämä mahdollistaa matkan aikana reagoimisen potilaan tilan muutokseen ja takaa oikean hoidon kuljetuksen aikana. Neurokirurgisen potilaan siirtokuljetuksesta on kirjoitettu kattava artikkeli Finnanestiin vuonna 2018 Luostarisen ja Piippo-Karjalaisen toimesta (3).

Anatomiaa ja fysiologiaa

Vastasyntyneen aivot painavat noin 360–380 g (4) ja yksivuotiaan 600 g. Vauvan aivojen paino on noin 12 % koko kehon painosta, kun aikuisella vastaava suhde on 2 % aivojen painaessa 1300–1500 g. Syntymähetkellä ihmisellä on noin 100 miljardia neuronina, mutta ne eivät ole vielä kehittyneet. Hermosoluilta puuttuu suojaava myeliinituppi ja tämä tekee solut alttiiksi vaurioille. Ensimmäisen vuoden aikana tapahtuu myelinisaatiota, hermosolujen dendriitit pitenevät ja uusia glia- eli hermotukisoluja muodostuu. Gliasolujen osuus on noin puolet aivojen kokonaistilavuudesta. Synapsien eli hermoliitosten kehittyminen alkaa jo 23. raskausviikolta. En-



Kuva 1. Epiduraalihematooma 4-vuotiaalla tytöllä. Pudonnut tuoliilta, vointi huonontunut kotona kahden vuorokauden aikana. Intuboitu leikkaussalissa. Kotiutui kolme vuorokautta hematooman evakuaatiosta hyvävointisena.

simmäisen vuoden aikana neuronien välille muodostuu valtava määrä synapseja (5). Aivot jatkavat nopeaa kasvuaan yhden vuoden ikään saakka.

Lapsella on suhteellisen suuri ja painava pää, joka altistaa kallovammoille. Tämän lisäksi lapsilla on ohut iho. Kallonluut ovat ohuet ja joustavat (1). Aivojen vesipitoisuus on suuri, ja lapsella kallonsisäinen komplianssi on pieni. Lapsella kallo on toisin sanoen täynnä aivoa ja pienikin kallonsisäinen tilavuuden muutos on merkittävä. Lapsilla kallonsisäisen paineen (ICP:n) >>

nousun ilmaantuvuus on 80 % traumaattisessa aivovammassa (aikuisella 50 %) (6). Kallonsisäinen tilavuus on vakio (Monro-Kellien doktriini). Normaalitilanteessa kallosisäisen tilavuuden vaihtelut koostuvat 80-prosenttisesti aivoista, 10-prosenttisesti verestä ja 10-prosenttisesti likvorista. Mikäli joku näistä tilavuuden komponenteista kasvaa esimerkiksi aivokontuusion turpoamisen, traumaattisen verenvuodon tai likvorkierron estymisen vuoksi, se aiheuttaa paineen nousua ja uhkaavan herniaatiotilanteen. Vaikka fontanellit ja sutuurat voivat olla auki 18 kuukauden ikään saakka, ne pystyvät kompensoimaan ainoastaan hitaita muutoksia. Nopeat kallonsisäisen tilavuuden muutokset johtavat väijäämättä kallonsisäisen paineen nousuun.

Trauman aiheuttamaa primaarivauriota ei voi muuttaa (kallonmurtuma, aivokontuusio, intraserebraali-, epiduraali- ja subduraalivuodot, traumaattinen subaraknoidaalivuoto, ventrikkelinisäinen vuoto tai diffuusi aksoniaalinen vaurio). Solutuho on palautumaton vamma-alueella. Primaarivaurio aiheuttaa paikallisesti turvotusta ja iskemiaa, jotka voivat johtaa aivopaineen nousuun. Vamma-alueella aivoverenkierron autoregulaatio häiriintyy. Vakavassa aivovammassa verenkierron autoregulaation häiriintymistä esiintyy enemmän kuin lievässä vammassa ja tämä voi olla yhteydessä huonoon lopputulemaan (5). Yksi selitys tälle on hypotensio, joka on yleinen lasten vakavassa aivovammassa ja voi aiheuttaa iskemiaa. Myös hiilidioksidireaktiiviteetti ja metabolinen kytkentä saattavat paikallisesti häiriintyä. Vamma-alueen solutuho ja verenkierron häiriöt aiheuttavat aivoturvotusta, joka voi johtaa aivopaineen nousuun. Mikäli kouristuksia esiintyy, ne nostavat aivopainetta entisestään. Aivopaineen nousu voi johtaa likvorkierron häiriöön ja lisätä herniaatoriskiä. Sekundaarivaurio kehittyy minuuttien, tuntien ja vuorokausien kuluessa.

Lapsella pienikin kallonsisäinen tilavuuden muutos on merkittävä.

Koko hoidon tavoite on estää sekundaarivaurioiden synty heti potilaan kohtaamisesta alkaen.

Esiintyvyys, vamman syntymekanismi ja vamman tunnistaminen

Lievät lasten aivovammat ovat tavallinen lääkäriin hakeutumisen syy. Suomessa tarkat tilastot lasten vakavien aivovammojen valtakunnallisista määristä puuttuvat. Vakavia aivovammoja on noin 150 vuodessa ja leikkaushoitoa vaativia vammoja noin 50 vuodessa. Aivovammakuolemia koko väestössä on Suomessa noin 70 vuodessa. Pojilla aivovammoja esiintyy tyttöjä enemmän suhteessa 3:1. Vammamekanismit vaihtelevat lapsilla ikäryhmittäin. Vastasyntyneillä tavallisin vammamekanismi liittyy synnytykseen. 0–2-vuotiaille tapahtuu putoamisia ja kaatumisia liikkumaan harjoittelun yhteydessä. Pahoinpitely ja ravisteluvamma täytyy pitää mielessä potilaita tutkittaessa erityisesti, mikäli vamman syntymekanismi on ristiriidassa vamman tyypin tai vaikeuden kanssa tai mekanismi ei sovi lapsen liikunnallisen kehitystasoon. Alle 1-vuotiaat ovat altteimpia kaltoinkohtelulle.

Yli 2-vuotiailla tavallisia mekanismeja ovat putoamiset ja kaatumiset. Yli 15-vuotiailla liikenneonnettomuudet aiheuttavat suurimman osan vammoista (> 80 % 15–19-vuotiaiden aivovammoista). Harrastuksiin liittyvät vammat kuten hevosen selästä putoaminen, jääkiekossa laitaa törmääminen ja laskettelussa kaatuminen ovat yleisempiä isommilla lapsilla.

Ilmatie, GCS ja ventilaatio

Ilmatie turvataan intubaatiolla, mikäli Glasgow Coma Scale (GCS) on 8 tai alle. GCS-määrittämisessä lapsella auttaa Suomen Lääkärilehdessä ollut P. Suomisen luoma GCS-taulukko

Taulukko 1. Glasgow'n kooma-asteikko lapsille (1).

Toiminto	Reagointi		Pisteet
	yli 2-vuotias	alle 2-vuotias	
Silmien aukaisu	Spontaani	Spontaani	4
	Vasteena puhutteluun	Vasteena puheelle	3
	Vasteena kipuun	Vasteena kipuun	2
	Ei avaa	Ei avaa	1
Paras puhevaste	Orientoitunut	Seuraa, tunnistaa	5
	Sekava, lauseita	Ärtymää itkua, seuraa ajoittain	4
	Yksittäisiä sanoja	Itkee kivusta, herätettävissä	3
	Ääntelyä	Valittavaa itkua kivusta, ei herätettävissä	2
	Ei vastetta	Ei vastetta, ei reagoi äänellä	1
Paras liikevaste	Noudattaa kehotusta	Normaali spontaani liikkuminen	6
	Paikallistaa kivun	Väistää kosketusta	5
	Väistää kivun -fleksio	Väistää kivun	4
	Fleksio kivulle (poikkeava)	Fleksio kivulle (poikkeava)	3
	Ekstensio kivulle	Ekstensio kivulle	2
	Ei vastetta	Ei vastetta	1
Yhteensä			3–15

(taulukko 1). Mikäli GCS-arviointi tuntuu haastavalta, on tärkeintä muistaa, mitä potilas teki ennen intubaatiota, erityisesti mikä oli motorinen vaste.

Intubaatioon on syytä valita kuffillinen putki, jotta putken falskaamiselta vältytään. Intubaatioputken koon valinnassa yli 1-vuotiailla auttaa kaava $4 + (\text{ikä}/4)$, pyöristys alaspäin. Yleensä sopiva intubaatioputki on ulkomitoiltaan samankokoinen kuin potilaan pikkusormi. Katso jo intuboidessa sopiva syvyys intubaatioputkelle putken mustasta kärkiviivasta. Suun kautta intuboidessa sääntö 3 x putken koko on sopiva syvyys (cm) toimii useimmiten. Tavoitteena on normoventilaatio (PaCO_2 4,5–5,5 kPa), riittävä

happeutumisen ($\text{PaO}_2 > 12$ kPa) ja hyperkarbian esto. Hiilidioksidin noustessa tarkista intubaatioputken asema auskultaatiolla, ime putkesta lima, mikäli rohinaa kuultavissa. Mitä pienempi potilas ja putki, sitä helpommin erite sen tukkii. Tarkista, ettei putki ole taittunut kinkalle tai painunut liian syvälle. Tarkista ventilaattorisäädöt. Tarkista pään asento: 30 asteen kohoasento ja pää keskiasennossa nenä kohti kattoa vapaan laskimopaluun takaamiseksi.

Muista, että intuboidun ja relaksoidun potilaan neurologian seuraaminen tapahtuu pupilli-reaktioiden avulla. Älä teippaa neurokirurgisen potilaan silmiä kiinni muulloin kuin operaation ajaksi! Teippaamalla silmät kiinni menetät

>>

Vakavan aivovamman saaneen lapsen tavoitearvoja ja hoito-ohjeita (ULS-ohje)

Systolisen verenpaineen tavoite

< 1-vuotiailla > 90 mmHg
1–5-vuotiailla > 95 mmHg
6–11-vuotiailla > 100 mmHg
> 12-vuotiailla > 110 mmHg

Jos potilaalla on ICP-mittari, CPP = MAP-ICP.

CPP-tavoitteet:

0–4-vuotiaille yli 40–45 mmHg
> 5-vuotiailla yli 50–55 mmHg
Aikuiset > 60 mmHg (8)

Hb > 100 g/l, TT % > 60 %, tromb > 100, fibr > 2.
Cofact/Octaplex-annos: (tavoiteltu P-TT % - mitattu P-TT %) x (1- Hkr) x paino (kg) = annos IU.
Fibrinogeeni 50–70 mg/kg
Traneksaamihappobolus 30 mg/kg

Uhkaava herniaatio:

Tarkista ventilaatio, intubaatioputki, 30 asteen kohoasento, pään asento.
Tarkista sedaatio ja analgesia.
Lämpö < 38 astetta
Riittävä CPP
Lievä hyperventilaatio: PaCO₂ 4–4,5 kPa (lyhytaikaisesti 3,5 kPa)
Hypertoninen NaCl 5,85 % 1–2 ml/kg 20 min aikana
Mannitoli 150 mg/ml 0,5–1 g/kg (3,3 ml/kg) / 30 min

mahdollisuuden puuttua uhkaavan herniaatio-tilanteeseen pupillin/pupillien laajentuessa tai valoreaktiviteetin heikentyessä.

Verenpaine ja perfuusiopaine

Valtimoverenpaineen mittauksen oikea taso on korvakäytävän tasolta (nollaus tälle tasolle). Oleellista on välttää hypotensiota. Hypotensio ja hypoksemia yhdessä ovat erittäin haitallisia yhdessä ja johtavat iskemiaan. Verenpainetavoitteet ovat ikäriippuvaisia. Systolisen verenpaineen alaraja (hypotensioraja) alle 28 vrk ikäisellä lap-

sella on < 60 mmHg, 1–12 kk iässä < 70 mmHg, 1–10-vuotiaalla < 70 + 2 x ikä (v) mmHg ja yli 10-vuotiaalla < 90 mmHg. Näitä lukemia harva muistaa ulkoa ja tarkistuskortti ikäperusteisista tavoitteista auttaa päivystystilanteessa.

Hypotensio on yhteydessä huonoon lopputulokseen lasten aivovammoissa. Sairaalaakuoleisuuden ja varhaisen matalan systolisen verenpaineen välillä on selkeä yhteys (7). Systolisen verenpaineen kynnsarvoissa on ollut vaihtelua eri klinikoiden välillä kansainvälisesti tarkasteltuna. Aivovamman hoidon alkuvaiheessa ICP-mittaria ei usein vielä ole asetettu ja näin ollen tilanteessa

Fontanellit ja sutuurat pystyvät kompensoimaan ainoastaan hitaita muutoksia.

on syytä hoitaa potilasta oletuksella, että aivopaine on koholla. Uudessa lastensairaalassa vakavan aivovamman saaneella lapsella on käytössä seuraavat systoliset verenpainetavoitteet: alle 1-vuotiailla > 90 mmHg, 1–5-vuotiailla > 95 mmHg, 6–11-vuotiailla > 100 mmHg ja yli 12-vuotiailla > 110 mmHg. Ilman näitä ”korkeilta tuntuvia” tavoitteita, verenpaineet jäävät hoidon alkuvaiheessa liian mataliksi ja aivoiskemian vaara on huomattava.

Mikäli potilaalla on ICP-mittari, edetään CPP-tavoitteiden mukaisesti. CPP = MAP-ICP. CPP-tavoitteet ikäryhmittäin: 0–4-vuotiaille yli 40–45 mmHg, > 5-vuotiailla yli 50–55 mmHg ja aikuiset > 60 mmHg (8). Jos ICP-mittaria ei ole, ajatellaan aivopaineen olevan koholla, eli 0–2-vuotiailla > 15 mmHg, aikuisella yli 20 mmHg. Täten 0–2-vuotiaalla tavoitteena olisi MAP > 60 mmHg ja aikuisella MAP > 80 mmHg, jotta voidaan taata riittävä aivojen perfuusiopaine. Vasoaktiiviksi suositellaan käytettä-

väksi noradrenaliini-infuusiota, jotta vaadittava verenpaine saavutetaan.

Nestehoito ja vuodon korvaus

Liika nesteytys kirkkailla nesteillä johtaa helposti aivoturvotuksen pahenemiseen. Vältetään hypotremiaa. Perusnesteeksi suositellaan isotonista nestettä kuten Plasmalyte, hypotonista nestettä ei käytetä ja tarvittaessa sokerinesteeksi Plasmalyte cum glucose 5 %, mikäli verensokeri on alle 5. Mitä pienemmästä lapsesta on kysymys, sitä herkemmin punasolusiirtoon varaudutaan. Punasolukorvaus aloitetaan noin 10 %:n verenvuodossa.

Verivolyymit lasketaan painokilojen mukaisesti: keskosella 100 ml/kg, vastasyntyneellä 90 ml/kg, alle 1-vuotiaalla 80 ml/kg, 1–12-vuotiaalla 75 ml/kg ja yli 12-vuotiaalla 70 ml/kg. Pikkulapsi voi ajautua vuotohokkiin kallonsisäisen hematooman vuoksi! Hätäveren anto on tällaisessa tilanteessa välttämätöntä.

Lasten hemoglobiinitason normaaliarvot vaihtelevat iän mukaan. Aivovammapotilaalla pyritään pitämään hemoglobiinitaso yli 100:ssa, TT % yli 60 % ja trombosyyttitaso yli 100 leikkauksen aikana. Mikäli TT-korjaus vaatisi suhteellisen ison tilavuuden, voi olla parempi antaa Cofactia tai Octaplexiä. Annos lasketaan kaavasta: (tavoiteltu P-TT % - mitattu P-TT %) x (1- Hkr) x paino (kg) = annos IU.

Fibrinogeenitavoite on yli 2 ja tarvittaessa fibrinogeenia annetaan 50–70 mg/kg. Estetään fibrinolyysi antamalla traneksaamihappoa 30 mg/kg bolus. Vuodon yhteydessä pyritään estämään koagulopatia ja korvataan matala kalsiumpitoisuus. Hypotermian estäminen ja lämpöaloudesta huolehtiminen tulisi alkaa jo potilas kohdatessa, jottei potilas ehtisi jäähtyä kuljetuksen aikana sairaalaan.

Kouristusten esto

Barbituraatti-induktio (tiopentaalilla) on suositeltava, mutta mikäli tiopentaali ei ole klinikassa yleisesti käytössä myös propofoli sopii induktiolääkkeeksi. Anestesiaa jatketaan suonensisäisesti propofolilla, kipulääkkeeksi remifentaniili. Kouristusten estoon annetaan levetirasetamia 10–20 mg/kg kahdesti vuorokaudessa. Tarvittaessa kouristuksiin annetaan loratsepaamia 0,1 mg/kg. Mikäli on epäily epileptisestä aktiviteetistä, on EEG suositeltavaa esimerkiksi postoperatiivisessa vaiheessa, jotta päästään tarvittaessa burst-suppressioniin.

Osmoterapia

Osmoterapiaa käytetään herniaation uhatessa alentamaan aivopainetta. Annetaan hypertonista keittosuolaa, esimerkiksi 5,85 % (kaupallinen valmiste) 1–2 ml/kg 20 minuutin aikana. Mikäli tällaista ei ole saatavilla, voi sen sijaan valmistaa aikuisilla

käytettävän suolaboluksen 7,6 % siten, että 100 ml NaCl 0,9 % pullosta poistetaan 30 ml ja tilalle laitetaan natriumkonsentraattia 120 mmol eli 30 ml. Tätä voi antaa lapsipotilaalle 1 ml/kg 20 minuutin aikana (aikuiselle ja aikuisen kokoiselle teini-ikäiselle koko 100 ml pullo 10–20 minuutin aikana). Hypertonisen keittosuolaboluksen vaikutus alkaa nopeasti ja sen maksimaalinen vaikutus on noin tunnin kohdalla. Vaikutus kestää 4–6 tuntia. Hypertonisen keittosuolan etuna on se, että se ei aiheuta voimakasta virtsanerityksen lisääntymistä kuten mannitoli. Hypertoninen keittosuola ei johda hypovolemiaan eikä sitä kautta hypotensioon. Mannitoli 150 mg/ml annos on 0,5–1 g/kg (3,3 ml/kg) / 30 minuuttia. Huomioi, että 100 ml jää liian pieneksi annokseksi 30 kg:sta ylöspäin. Tämä erityisesti, mikäli kuljetusmatka neurokirurgiseen yksikköön on pitkä ja potilaan vointi heikkenee kuljetuksen aikana.

>>

Pikkulapsi voi ajautua vuotoshokkiin kallonsisäisen hematooman vuoksi.

Uhkaava herniaatio

Uhkaavassa herniaatiassa informoi neurokirurgia muuttuneesta tilanteesta välittömästi. Kyseessä on hätätilanne, joka vaatii välitöntä hoitoa. Hoidon viivästyminen johtaa peruuttamattomaan kudostuhoon puristuvan aivokudoksen alueella. Tarkista perusasiat: ventilaatio, putken asema (onko painunut syvemmälle tai kinkkaako), potilaan asento: 30 asteen kohoasento ja pään asento (vapaa laskimopaluu). Tarkista sedaatio ja analgesia, lämpö alle 38 astetta sekä takaa riittävä CPP. Aloita lievä hyperventilaatio: PaCO₂ 4–4,5 kPa tai lyhytkestoisesti jopa 3,5 kPa:iin asti. Hypertoninen keittosuola-bolus 5,85 % 1–2 ml/kg 20 minuutissa tai mannitoli 150 mg/ml (3,3 ml/kg) 30 minuutissa. Neurokirurgin harkinnan mukaan ventrikulostomia tai leikkaushoito. Tarkasta pupillit hoitoa tehostettuasi. Hoidon auttaessa näet pupilleista hoitovasteen.

Lopuksi

Lapsipotilaiden toipumiskyky on hyvä. Alussa haastavalta tuntuva tilanne kääntyy monesti hyvään lopputulokseen lapsen ja perheen kannalta. Taskukokoinen ohjekortti neurokirurgisen lapsipotilaan hoidosta on mukava tuki päivystäjälle ja siitä on helppo tarkistaa, tulivatko kaikki pienet yksityiskohdat huomioitua. Hyvä yhteistyö ja kommunikaatio neurokirurgin kanssa on lapsen vakavassa aivovammassa välttämätöntä hoitopaikan valinnassa ja potilaan hoidossa. Simulaatioharjoittelulla vakavan aivovamman saaneen

lapsen hoidosta voidaan opettaa tilannetta, josta harvalla on kokemusta. Viimeisenä huomiona muistutan vielä kerran, että pupillien tarkkailulla huomaa uhkaavan herniaation, ja nopealla hoidolla on mahdollista estää pysyvät vauriot. ■

Viitteet

1. Suominen P. Lasten hätätilanteet ja niiden hoito. Lääkäri-lehti 2017; 36: 1933–1939.
2. Kochanek P.M, Tasker R.C, ym. Guidelines of the Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third Edition. Pediatric Critical Care Medicine 2019; 20: 1–82.
3. Luostarinen T, Piippo-Karjalainen A. Neurokirurgisen potilaan siirtokuljetus. Finnanest 2018; 51: 22–25.
4. Dekaban A.S, Sadowsky D. Changes in brain weights during the span of human life: Relation of brain weights to body heights and body weights. Ann. Neurology 1978; 4: 345–356.
5. Tierney A.L, Nelson C.A. Brain Development and Role of Experience in the Early Years. Zero Three 2009; 30(2): 9–13.
6. Gupta A, Gelb A, Duane D, Adapa R. Essentials of Neuroanesthesia and Neurointensive Care: Anesthetic Considerations for Pediatric Neurotrauma 214–223.
7. Suttipongkaset P, Chaikittisilpa N ym. Blood Pressure Thresholds and Mortality in Pediatric Brain Injury. Pediatrics 2018; 142(2).
8. Baxter B.A, Chiu Y-L, ym. Age-Specific Cerebral Perfusion Pressure Thresholds and Survival in Children and Adolescents With Severe Traumatic Brain Injury. Pediatric Critical Care Medicine 2014; 15(1): 62–70.