

**Teemu Luostarinen**

LL, vs. osastonlääkäri  
Hyks, ATeK, Töölön sairaala  
teemu.luostarinen@hus.fi

## NEUROKIRURGISEN POTILAAN HEMODYNAMIikka JA NESTEHOITO

**Teemu Luostarinen**

6.11.2015 Helsingin yliopisto

**Vastaväittäjä**

Professori Seppo Alahuhta, Oulun yliopisto

**Esitarkastajat**

Dosentti Minna Niskanen, Itä-Suomen yliopisto

Dosentti Timo Koivisto, Itä-Suomen yliopisto

**Väitöskirja ja osatyöt**

Teemu Luostarinen. *Studies on Hemodynamics and Coagulation in Neuroanesthesia*.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-1558-4>

**Osatyöt**

- I Luostarinen T, Lehto H, Skrifvars MB, Kivisaari R, Niemelä M, Hernesniemi J, Randell T, Niemi T. Transfusion frequency of red blood cells, fresh frozen plasma and platelets during ruptured cerebral aneurysm surgery. *World Neurosurg* 2015; 84: 446-50.
- II Luostarinen T, Takala RS, Niemi T, Katila AJ, Niemelä M, Hernesniemi J, Randell T. Adenosine-induced cardiac arrest during intraoperative cerebral aneurysm rupture. *World Neurosurg* 2010; 73: 79-83.
- III Luostarinen T, Silvasti-Lundell M, Mederois T, Romani R, Hernesniemi J, Niemi T. Thromboelastometry during intraoperative transfusion of fresh frozen plasma in pediatric neurosurgery. *J Anesth* 2012; 26: 770-4.
- IV Luostarinen T, Niiya T, Schramko A, Rosenberg P, Niemi T. Comparison of hypertonic saline and mannitol on whole blood coagulation in vitro assessed by thromboelastometry. *Neurocrit Care* 2011; 14: 238-43.
- V Luostarinen T, Dilmen OK, Niiya T, Niemi T. Effect of arterial blood pressure on the arterial to end-tidal carbon dioxide difference during anesthesia induction in patients scheduled for craniotomy. *J Neurosurg Anesthesiol* 2010; 22: 303-8.
- VI Luostarinen T, Lindroos A-C, Niiya T, Silvasti-Lundell M, Schramko A, Hernesniemi J, Randell T, Niemi T. Prone versus sitting position in neurosurgery – differences in patient hemodynamics and in stroke volume – directed fluid administration. Submitted.

► Neuroanestesiologian tärkein tavoite on ylläpitää aivojen riittävä perfuusiopaine ja verenvirtaus aivojen hapentarjonnan turvaamiseksi. Lisäksi tavoitteena on luoda mahdollisimman hyvät neurokirurgiset leikkausolosuhteet. Hoidon onnistumiseksi on muodostettava kokonaiskäsitys aivojen verenvirtauksen ja perfuusiopaineen autoregulaatiosta ja niiden häiriöistä. Aivovaltimoiden hiilidioksidireaktiiviteetti häiriintyy keskushermoston patologisissa tiloissa sekä hypotension aikana ja vähäinenkin veren hiilidioksidipaineen lisäys voi aiheuttaa merkittävän kallon sisäisen paineen nousun,

**Aneurysman alkaessa  
vuotaa leikkauksen aikana  
voidaan vuoto tyrehtyttää  
pysäyttämällä sydän  
lyhytaikaisesti adenosiinilla.**

## Jääplasman antoa tulisi harkita ns. kirkkaiden liuosten sijaan massiivin verenvuodon aikana jo varhaisessa vaiheessa.



Teemu Luostarinen

varsinkin jos muut kompensatiomekanismit on käytetty.

Nestehoidolla ja osmoterapialla voidaan vaikuttaa aivojen verenkierto-olosuhteisiin. Mannitolia tai hypertonista natriumkloridiliuosta käytetään aivojen turvotuksen vähentämiseksi ja kallon sisäisen paineen alentamiseksi ennen kraniotomiaa tai tehohoidossa. Käytännössä neurokirurgiset toimenpiteet edellyttävät normaalia hyyttymisjärjestelmän toimintaa ja anesthesiologisten interventioiden tulisi mahdollisimman vähän vaikuttaa veren hyyttymiseen. Aneurysman äkillisesti revetessä leikkauksen aikana voidaan verenkierto pysäyttää hetkellisesti adenosiinilla.

### Kysymyksenasettelu ja tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli kuvata ja selvittää aivojen verenkiertoon ja perфуuusipaineeseen sekä veren hyyttymiseen ja verensiirtoihin vaikuttavia klinisiä osatekijöitä neurokirurgisilla potilailla.

Erityisesti pyrittiin selvittämään seuraavaa:

1. Punasolujen, trombosyyttien ja jääplasman tarve aneurysmaattisen subaraknoidaalivuodon saaneilla leikkauspotilailla sekä punasolusiirrolle altistavia tekijöitä ja sen vaikutusta potilaan ennusteeseen.
2. Kuinka verenkierron pysäytys adenosiinilla on toteutunut

rupturoituneen aivovaltimon aneurysman leikkauksen aikana?

3. Veren hyyttymistä tilanteessa, jolloin massiivia verenvuotoa korvataan punasolu- ja jääplasma-siirroilla.
4. Millaiset ovat kahden osmolariteetiltaan samanlaisen suonensisäisen liuoksen, mannitolin ja hypertonisen keittosuolaliuoksen, vaikutukset veren hyyttymiseen *in vitro*.
5. Miten keskiverenpaineen muutos vaikuttaa valtimoveren ja uloshengityksen hiilidioksidipitoisuuden eroon kraniotomiatiltaan anestesian alkuvaiheessa?
6. Leikkausasennon (selkä vs. istuva) sekä käytettävien suonensisäisten nesteiden (RAC vs HES) vaikutus sydämen pumppausvoimaan ja verenpaineeseen ja samalla aivojen perфуuusipaineeseen.

### Menetelmät ja aineisto

Anestesia- ja sairauskertomusten perusteella selvitettiin leikkauksen aikainen verituotteiden käyttö aneurysmaattisen subaraknoidaalivuodon saaneilla potilailla (n=488) sekä monimuuttajamallin avulla pyrittiin etsimään punasolusiirrolle altistavia tekijöitä ja tämän vaikutusta potilaan neurologiseen toipumiseen. Lisäksi selvitettiin kuinka usein (1 014 leikkausta) adenosiinia oli käytetty sydämen pysäyttäminen aneurysman alkaessa vuotamaan leikkauksen aikana (osatyöt I ja II).

Potilastapauselostuksessa (osatyö III) kuvattiin kahden pediatriksen neurokirurgisen potilaan nestehoitoa leikkauksen aikaisen massiivin verenvuodon aikana.

Kokeellisessa työssä (osatyö IV) 10 terveeltä vapaaehtoiselta otettu laskimoverinäyte laimennettiin *in vitro* 10 ja 20 prosentin tilavuusvahvuuteen käyttäen mannitolia ja hypertonista keittosuolaliuosta ja tutkittiin tämän laimentamisen vaikutusta veren hyyttymiseen käyttäen tromboelastometriaa (ROTEM®).

Prospektiivisessa kliinisessä tutkimuksessa (n=72) selvitettiin verenpaineen muutoksen vaikutusta uloshengityksen hiilidioksidipitoisuuden ja veren hiilidioksidipaineen erotukseen välittömästi anestesian induktion jälkeen (osatyö V).

Osatyö VI selvitti mahdollista eroa potilaan nestehoidossa istuvan ja vatsa-asennossa tapahtuvan leikkauksen aikana kun nestehoitoa ohjattiin tavoiteohjatusti valtimopaineen paineaallon muotoon perustuvan analyysin avulla. Mitattu iskutilavuus maksimoitiin nesteboluksilla, kunnes se ei enää suurentunut yli 10 %. Vakaaseen hemodynamiikkaan tarvittuja nestemääriä verrattiin eri asentojen välillä ja arvioitiin myös onko kolloidiliuoksen tarve vähäisempi. Kyseessä oli 58 neurokirurgisen leikkauspotilaan kokonaisuus, johon potilaat oli rekrytoitu aiemmin kahden erillisen prospektiiviseen tutkimuksen yhteydessä (osatyö VI). >>

**Korkean kallonsisäisen paineen hoitoon käytetyistä liuoksista hypertoninen keittosuola saattaa häiritä veren hyytymistä vähemmän kuin mannitoli.**

### Tulokset

Leikkauksen aikana 7,6 % potilaista sai punasoluja, 3,1 % jääplasmaa ja 1,2 % verihiutaleita. Huonompi lähtötilanne (WFNS ja Fisher-luokitus), korkea ikä ja leikkauksen aikainen punasolusiirto huononsi potilaan neurologista ennustetta aineistossamme. 16 potilasta 1 014:sta sai adenosiniä. Mediaaniannos oli 12 mg ja 10 minuuttia lääkkeen annon jälkeen potilaiden hemodynamiikka oli vakaa. Mannitoli heikensi veren hyytymistä enemmän kuin saman osmolariteetin omaava 2,5 % natriumkloridiliuos.

Verenpaineen muutos korreloi positiivisesti uloshengityksen hiilidioksidipitoisuuden ja veren hiilidioksidiosapaineen erotuksen muutoksen kanssa. Potilaan nestehoidossa ei ollut eroja istuvan

ja vatsa-asennon välillä. Kokonaisuudessaan HES-liuoksen tarve oli Ringerin liuosta vähäisempi.

### Pohdinta

Verensiirtojen tarve aneurysmaattisen subaraknoidaalivuodon saaneilla leikkauspotilailla oli aineistossamme vähäinen. Punasolujen anto on luonteeltaan ennakoivaa ja siirto näyttää liittyvän usein leikkauksen aikaiseen aneurysman puhkeamiseen. Punasolujen siirto saattaa itsenäisesti heikentää näiden potilaiden neurologista toipumista. Aneurysman alkaessa vuotaa leikkauksen aikana voidaan vuoto tyrehtyttää pysäyttämällä sydän lyhytaikaisesti adenosiinilla.

Jääplasman antoa tulisi harkita ns. kirkkaiden liuosten sijaan massiivin verenvuodon aikana jo varhaisessa vaiheessa, jotta veren hyytymisominaisuudet säilyisivät mahdollisimman hyvinä.

Korkean kallonsisäisen paineen hoitoon käytetyistä liuoksista hypertoninen keittosuola saattaa häiritä

veren hyytymistä vähemmän kuin mannitoli. Tämän löydöksen kliininen merkitys vaatii jatkotutkimuksia.

Ulostulevan hengityksen hiilidioksidi osapaine ei ole riittävän luotettava mittaustapa arvioimaan veren hiilidioksidiosapainetta neurokirurgisilla potilailla. Anestesiassa olevan potilaan ventilaation riittävyys tulee vahvistaa verikaasuanalyyseillä, jotta veren hiilidioksidiosapaineen nousu ja sitä kautta aivojen verenvirtauksen mahdollisesti haitallinen nousu voidaan estää.

Sekä istuvan että vasta-asennossa olevan potilaan anestesiaan liittyy muutoksia potilaan verenpaineessa ja sydämen pumppausvoimassa.

Tavoiteohjatulla nestehoidolla, joko Ringerin liuosta tai HES-liuosta käyttäen, voidaan kuitenkin saavuttaa tasainen hemodynamiikka molemmissa leikkauksen aikana. Leikkauksen aikana ei ollut eroa tarvittavan nesteen määrässä. Hiukan vähemmän HES-liuoksen tarpeen kliininen merkitys on kyseenalainen. ■



Vastaväittäjä Seppo Alahuhta, kustos Klaus Olkkola ja väittelijä Teemu Luostarinen.