

# Lapsen lämpötilous

LL Kati Martikainen, PPSHP ja Oulun yliopisto

Lasten anest ja tehohoidon erityispätevyys

Rovaniemi 09.10.2015

- Lämmönmittaus
- Lämmönsäätelyn fysiologiaa
- Lämmön menetyksen mekanismit
- Anestesian vaikutus lämmönsäätelyyn
- Alilämpöisyyden esto

- Ydinlämpötilan säilyttäminen vakaana on ihmiselle kehittynyt tärkeä sopeutumiskeino – vain harva fysiologinen suure on yhtä tarkan säätelyn kohteena
- Ydinlämpötilalla tarkoitetaan runsaasti verisuonitettujen elinryhmien (aivot, keuhkot, sydän, maksa ja munuaiset) lämpötilaa, ja normaalioloissa elimistö pitää sen 37 celsiusasteessa (+- 0,2 astetta) - homeotermia

- Anestesia ja kirurgia vaikuttavat voimakkaasti lämmönsäätelyjärjestelmään, ja niiden vaikutus usein ylittää elimistön lämmönsäätelyn kompensatiomekanismit
- Ilman monitorointia tahaton perioperatiivinen hypotermia on yleinen ilmiö, josta voi seurata solujen ja kudosten dysfunktioita

# Lämmönmittaus

- Millä laitteella ja mistä kehonosasta lämpötilaa mitataan?
- ”thermocouple” ja ”thermistor”-tyyppiset mittauslaitteet toimivat riittäväällä tarkkuudella
- Kehon ydinlämpötila on kliinisen kiinnostuksen kohteena:
  - Tärykalvo
  - Nenänielu
  - Distaalinen ruokatorvi
  - Keukovaltimo
  - Virtsarakko, peräsuoli (tietyin edellytyksin)

# Lämmönmittaus

- Tärykalvo: edellyttää mittausanturin ja korvakäytävän tiiviyttä – ei läheskään aina luotettava
- Nenänielu: edellyttää myös mittausanturin oikeaa sijaintia pehmeän kitalaen alueella; pienellä lapsella cuffittoman intubaatioputken ”ohivirtaus” voi vaikuttaa mittaustulokseen
- Ruokatorvi: varsin luotettava; hengityskaasujen lämpötilan vaikutus teoriassa mahdollinen

# Lämmönmittaus

- Kainalolämmönmittaus: helppo, paljon käytetty menetelmä; mittarin oikea sijainti aksillaarivalentimon kohdalla tärkeää, olkavarsi painettuna rintakehää vasten
- Rektaali/rakkolämmönmittaus: laparotomian vaikutukset (avoin vatsaontelo), ulostemassa
- Keuhkovaltimokatetri: ei käytössä (pienillä) lapsilla

# Lämmönmittaus

- Käytännössä suositellaan:
- Suuri/suurehko leikkaus – lämmönmittaus useammasta paikasta (rakko/rektum/ruokatorvi/nenänielu/tärykalvo)
- Pienehkö toimenpide, ei endotrakeaalista intubaatiota – rektaalinen tai aksillaarinen lämmönmittaus
- Lisäksi iholämmönmittaus antaa tietoa periferian lämpötilasta



# Lämmönsäätelyn fysiologiaa

- Kylmää ja lämmintä aistivat hermosäikeet eroavat anatomisesti toisistaan
- Kylmää aistivia säikeitä on ihossa 10-kertaisesti verrattuna lämmintä aistiviin
- Lämpötilaa aistivia hermosäikeitä myös suurten verisuonten lähellä, sisäelimissä, vatsaontelon seinämissä, selkäytimessä, aivoissa..
- Ihon lämpötilan muutoksen nopeus vaikuttaa; mitä nopeammin lämpötila laskee, sen ”tärkeämpi viesti”

# Lämmönsäätelyn fysiologiaa

- Aivolisäkkeen etuosa ”kerää” ja käsittelee afferenteilta hermosäikeiltä saamansa tiedon kehon lämpötilasta
- Aivolisäkkeen takaosa säätelee efferenttejä laskevia ratoja
- Aivolisäkkeen preoptinen alue osallistuu myös säätelyyn
- Muillakin keskushermoston osilla on roolinsa lämmönsäätelyn kokonaisuudessa

# Lämmönsäätelyn fysiologiaa

- Jos kehon lämpötila ajautuu keskushermoston kynnyisarvojen ala- tai yläpuolelle, käynnistyy joukko mekanismeja, joiden tarkoitus on palauttaa lämpötila entiselleen

# Kynnysarvo alittuu

- Käyttäytymisen muutokset (hakeutuminen lämpimään, vaatetuksen lisääminen)
- Ääreisverenverenkierron supistuminen (vasokonstriktio jopa 1%:iin termoneutraalin tilan verenvirtauksesta)
- Lihasvärinä
- ”non-shivering thermogenesis”; lämmöntuoton lisääminen ns. ruskean rasvakudoksen metabolian avulla

# Kynnysarvo ylittyy

- Päinvastaiset muutokset: käyttäytymisen muutos, hakeutuminen viileään ympäristöön, vaatetuksen vähentäminen (merkittävä tekijä)
- Vasodilataatio
- Hikoilu
  
- Termoneutraali ympäristö = 28 asteen ilmanlämpötila aikuiselle

# Lämmön menetys

- Säteily (39%)
- Johtuminen (34%)
- Haihtuminen (24%)
- Johtuminen (3%)

# Säteily

- Lämmön siirtymistä kahden kohteen välillä, jotka eivät ole kosketuksissa toisiinsa (aurinko lämmittää maapalloa)

# Konvektio

- Lämmön siirtymistä liikkuvien molekyylien (vesi, ilma) avulla
- Tuuli, virtaava vesi



# Johtuminen

- Lämmön siirtymistä kahden toisiinsa kosketuksissa olevan pinnan välillä
- Kylmällä alustalla makaava potilas

# Haihtuminen

- Haihtumista tapahtuu pääasiassa ihon, mutta myös hengityksen kautta
- 1. Hikoilu; "sensible water loss"
- 2. "insensible water loss" veden menetys ihon, hengityksen ja haavapintojen kautta
- 3. Iholle pyyhityn/sivellyn nesteen haihtuminen – energiaa kuluttava prosessi (nestemäinen aine muuttuu kaasumaiseen olomuotoon!)

# Lämmöntuotto

- Aktiivinen liikkuminen
  - ”non-shivering thermogenesis”
  - Tahdosta riippumaton lihasvärinä
  - Ruuansulatuksen tuottama lämpöenergia
- 
- Yksilöllistä, miten imeväinen/isompi lapsi/aikuinen/vanhus kykenee reagoimaan lisääntyneen lämmöntuoton tarpeeseen!

# Pieni lapsi vs aikuinen

- Lapsen ihon pinta-ala on suuri verrattuna BMI:iin
- Lapsen iho on ohuempi kuin aikuisen iho – haihduttaa enemmän
- Lapsen lihasmassa on pienempi kuin aikuisen (lihasvärinä; imeväiset eivät kykene lisäämään lämmöntuottoaan merkittävästi lihasvärinällä)
- Lapsen energian- ja hapentarve (painokg kohti) on selvästi suurempi kuin aikuisella – ylimääräiseen lämmöntuottoon kuluu selvästi enemmän energiaa ja happea kuin aikuisella

# Pieni lapsi vs aikuinen

- Ylimääräisen lämmöntuoton edellyttämä hapenkulutuksen lisäys ei lapsilla provosoi sydänlihasiskemiaa

# Anestesian vaikutus lämmönsäätelyyn

- Anestesia (yleisanestesia ja laajat sentraaliset puudutukset) häiritsevät lämmönsäätelyn homeostaasia
- Lämmönsäätelyn kynnyksarvot ”venyvät” ; merkittävää on elimistön madaltunut kynnyks tunnistaa lämpötilan lasku ja käynnistää korjaavat toimenpiteet
- Kaikki yleisesti käytössä olevat anestesia-aineet madaltavat (yleensä annoksesta riippuvaisesti) ns. matalan lämpötilan termostaattikynnystä, jolloin kompensatiomekanismit käynnistyvät kehonlämmön ollessa tavallista matalampi

# Kirurgian vaikutus lämmönsäätelyyn

- Pesut ja peittelyt, potilaan suojaaminen ylimääräiseltä haihtumiselta
- Paljaat haavapinnat; avoin vatsaontelo jne

# Hypotermian vaikutuksia

- Lämmönsäätelyyn liittyvä vasokonstriktio ->
- Kudosten happiosapaineen lasku ->
- Neutrofiilien toiminnan vajaus, infektiokerkkyyden lisääntyminen, kollageenisynteesin väheneminen, arpikudosmuodostuksen ja haavan paranemisen hidastuminen
- Lisääntynyt hypoventilaatio- ja apneariski (pienillä lapsilla)
- Lisääntynyt katekoliamiinieritys (lopputuloksena jopa hypoksia)



# Hypotermian vaikutuksia

- Hyytymisjärjestelmän häiriintyminen
- Vaikutukset lääkeainemetaboliaan (yleensä lääkevaikutuksen pidentyminen)

# Perioperatiivisen hypotermian esto

- Leikkaussalin lämpötila (mitä pienempi lapsi, sitä lämpimämpi sali)
- Säteilylämmittimet: esim. kanylointien ajan; harvoin käytössä leikkaussaleissa (poikkeuksena keskoskaapit)
- Läpinäkyvät ”muovipeitteet” ja muut ”eristeet” soveltuvin osin; imeväisellä pään ja ylävartalon peittämisellä merkitystä
- Lämpöpatjat potilaan alla ja päällä
- Lämmitetyt nesteet (erityisesti nopeissa nesteensiirroissa)
- Hengityskaasujen lämmitys/kostutus

# Perioperatiivisen hypotermian esto

- Tärkeää: välitön postoperatiivinen vaihe ja potilaan siirto leikkaussalista heräämään – lapsi ehtii helposti jäähtyä!
- Vaippa on tarpeen laittaa, mutta onko tarpeellista pukea lasta..?

# Postoperatiivinen hoito

- Lämpöpuhallinpeitto lapsen alla/päällä
- Heräämössä ei käytetä muovikelmuja pään/ylävartalon suojana!
- Lämmönmittaus helpointa kainalomittarilla, jos tarpeen
- Pienillä lapsilla näkee harvoin lihasvärinää heräämössä, vaikka lievä hypotermia olisikin ehtinyt kehittyä!
- Jos lapsi on saanut anestesian aikana antikolinergia, se saattaa ehkäistä hikoilua – postoperatiivinen sekavuus ja riehuminen saattavat johtaa kehon lämmön liialliseen nousuun ja epämukavuuden lisääntymiseen

# Postoperatiivinen hoito

- Lapsipotilaan lämpötilan normalistuminen on yksi heräämöhoidon tavoitteista ja edellytys vuodeosastolle/kotiutusvaiheeseen siirtymisestä