

Eero Jalli

# **KOMPLIKAATIOT LASTEN ANESTESIOISSA**

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Kevätlukukausi 2021

Eero Jalli

# **KOMPLIKAATIOT LASTEN ANESTESIOISSA**

Klininen laitos

Kevätlukukausi 2021

Vastuhenkilö: Markku Taittonen

*Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.*

TURUN YLIOPISTO

Lääketieteellinen tiedekunta

JALLI, EERO: Komplikaatiot lasten anestesiaossa

Syventävien opintojen kirjallinen työ, 18 s.

Anestesiologia ja tehohoito

Maaliskuu 2021

---

Lapsen fysiologiset ja anatomiset erityispiirteet asettavat anestesiologille haasteita, jotka vaativat erityisosaamista. Erityislaatuudesta huolimatta lasten anestesiaa koskevia ohjeistuksia on vain vähän. Tämä on johtanut lasten anestesiakäytäntöjen laajaan vaihteluun. Viime vuosina lasten anestesiologiaan liittyviä ohjeita on kehitetty, tavoitteena yhdenmukaistaa anestesiakäytäntöjä ja parantaa potilasturvallisuutta. Tutkimusnäyttöä lasten anestesiaa ja niissä esiintyvistä komplikaatioista ei juurikaan ole tai se on keskittynyt vain yhden maan tai laitoksen sisällä tapahtuviin anestesiaan.

Tämän syventävien opintojen kirjallisen työn tavoitteena on ollut kerätä yhteen tietoa lasten anestesiaa esiintyvistä komplikaatioista systemaattisella kirjallisuuskatsauksella. Opinnäytteessä keskityin vuonna 2017 julkaistun monikeskustutkimukseen, APRICOT (The Anaesthesia PRactice In Children Observational Trial) ja sen jatkotutkimuksissa.

APRICOT-tutkimuksessa perioperatiivisten vakavien komplikaatioiden esiintyvyys oli 5.2 % (95% CI [5.0-5.5]), joissa respiratoriset ja kardiovaskulaariset komplikaatiot olivat hallitsevia. Esiintyvyys on korkeampi kuin aikaisemmassa kirjallisuudessa on raportoitu. APRICOT osoitti lapsen iän, sairaushistorian ja fyysisen kunnon (ASA-luokka) olevan suurimpia vakavia komplikaatioita ennustavia riskitekijöitä. Lisäksi tutkimuksessa pystyttiin osoittamaan anestesiologin kokemuksen edullinen vaikutus komplikaatioiden esiintyvyyteen. Respiratoristen komplikaatioiden riski pieneni 1 % jokaista vuotta kohden, joka anestesiologilla on kokemusta. Kardiovaskulaaristen komplikaatioiden osalta anestesiologin kokemuksella oli suurempi vaikutus ja vastaava luku oli 2 % per vuosi. Tutkimus paljasti myös laajan variaation lasten anestesiakäytännöissä ympäri Euroopan.

Lasten anestesiaa tapahtuvien komplikaatioiden ennaltaehkäisemiseksi tärkeää on tunnistaa komplikaatioiden riskitekijät. Tutkimustulosten perusteella lasten anestesiologiaan erikoistuneen lääkärin tulisi hoitaa alle 3-3,5 -vuotiaat lapsipotilaat, sekä lapset, joiden ASA-luokitus on III tai enemmän. Lisäksi lasten anestesiologin hoitoa vaativia tapauksia olisivat keskoshistoria, synnynnäinen kehitysvamma, kuorsaaminen, hengitysteiden yliherkkyys ja kuumeinen sairaus.

Asiasanat: lasten anestesia, perioperatiivinen, turvallisuus, komplikaatio

# SISÄLLYS

## 1 JOHDANTO

## 2 LAPSEN ANATOMISIA JA FYSIOLOGISIA ERITYISPIIRTEITÄ

- 2.1 Verenkierroelimistö
- 2.2 Hengityselimistö
- 2.3 Sisäelimet
- 2.4 Nestetasapaino ja lämpötalous
- 2.5 ASA-luokitus lapsilla

## 3 ANESTESIA-AINEET LAPSILLA

- 3.1 Inhalaatioanesteetit
- 3.2 Laskimoanesteetit
- 3.3 Analgeetit
- 3.4 Lihasrelaksantit

## 4 LASTEN ANESTESIA

- 4.1 Lapsipotilaan valmistelu
- 4.2 Anestesian induktio
- 4.3 Anestesian ylläpito ja valvonta
- 4.4 Anestesian lopettaminen

## 5 KOMPLIKAATIOT LASTEN ANESTESIASSA

- 5.1 APRICOT (Anaesthesia PRactice In Children Observational Trial)
- 5.2 Komplikaatioiden esiintyvyys
- 5.3 Respiratoriset komplikaatiot
- 5.4 Kardiovaskulaariset komplikaatiot
- 5.5 Muut komplikaatiot

## 6 KOMPLIKAATIOT SUOMESSA

## 7 ANESTESIATIIMIN VAIKUTUS KOMPLIKAATIOIHIN

## 8 POHDINTA

## LÄHTEET

## LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Lasten anestesia vaativat erityisosaamista ottaen huomioon lasten anatomisten ja fysiologisten erityispiirteiden asettamat haasteet. Eroavaisuuksia lasten ja aikuisten anestesiakäytännöissä ja vaatimuksissa on lähes koko perioperatiivisen hoidon ajan, ja erityispiirteet tulee ottaa huomioon leikkaukseen valmistelusta aina anestesian lopettamiseen asti. Suurimmat poikkeavuudet verrattuna aikuisten anestesiaan aiheuttavat lasten hengitysteiden anatomia, verenkiertoelimistön fysiologia ja anestesia-aineiden farmakokinetiikka.

Viime vuosina lasten anestesiaan liittyviä ohjeita on aktiivisesti kehitetty tavoitteena yhdenmukaistaa anestesiakäytäntöjä ja parantaa potilasturvallisuutta. Kuitenkin lasten anestesiaan liittyvien komplikaatioiden esiintyvyys, luonne ja riskitekijät tunnetaan huonosti. Tutkimusnäyttö on ollut tähän mennessä suppeaa ja keskittynyt pääosin vain yhden maan tai laitoksen sisällä tapahtuviin komplikaatioihin.

Vuonna 2017 julkaistu monikeskustutkimus APRICOT (The Anaesthesia PRactise In Children Observational Trial) on ensimmäinen laaja lasten anestesiakomplikaatioihin keskittyvä prospektiivinen kohorttitutkimus, joka käsittää 261 sairaalaa, 33 Euroopan maassa. APRICOT pyrki selvittämään vakavien komplikaatioiden esiintyvyyden, luonteen ja niihin mahdollisesti johtaneet riskitekijät (1).

APRICOT-tutkimuksessa perioperatiivisten vakavien komplikaatioiden esiintyvyys oli 5.2 % (95% CI [5.0-5.5]), joissa respiratoriset ja kardiovaskulaariset komplikaatiot olivat hallitsevia. Esiintyvyys on korkeampi kuin aikaisemmassa kirjallisuudessa raportoitu. APRICOT osoitti lapsen iän, sairaushistorian ja fyysisen kunnon (ASA-luokka) olevan suurimpia vakavia komplikaatioita ennustavia riskitekijöitä. Lisäksi tutkimuksessa pystyttiin osoittamaan anestesiologin kokemuksen edullinen vaikutus komplikaatioiden esiintyvyyteen. Tutkimus paljasti myös laajan variaation lasten anestesiakäytännöissä ympäri Euroopan (1).

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on koota APRICOT-tutkimuksen ja sen jatkotutkimusten tuloksia yhteen ja luoda keskustelua anestesiamenetelmien ja koulutuksen yhtenäistämisen tarpeesta lasten anestesiologiassa. Erityisesti pyrin työssäni keskittymään anestesiologin ja anestesiatiimin kokemuksen vaikutukseen lasten anestesiaturvallisuudessa. Varsinkin vakavasti sairaimpien lasten (>ASA III) anestesia tulisi tutkimuksen perusteella toteuttaa siihen erikoistuneissa yksiköissä kokeneen lasten anestesiologin toimesta (1).

## 2 LAPSEN ANATOMISIA JA FYSIOLOGISIA ERITYISPIIRTEITÄ

Lapsipotilas eroaa fysiologialtaan ja anatomialtaan aikuisesta ja erityispiirteet tulee huomioida lapsen anestesiassa. Lasten kirurgisessa yksikössä hoidetaan potilaita aina vastasyntyneistä murrosiän lopussa oleviin lapsiin. Tämä tuo oman haasteensa lasten anestesiologin työhön hoidettaessa eri kehitysvaiheissa olevia lapsia. Lapsen kypsyminen ja vilkas kehitys vaativat huomiota lasten anestesian toteutuksessa (2).

### 2. 1 Verenkiertoelimistö

Lapsen aineenvaihdunta on vilkkaampaa kuin aikuisella, ja siksi sydämen minuuttivirtaus ja alveoliventilaatio ovat suurempia. Vastasyntyneellä peruselintoimintojen hapenkulutus on yli kaksinkertainen verrattuna aikuiseen (7 ml/kg/min vs. 3 ml/kg/min). Peruselintoimintojen suhteellinen hapen tarve vähenee hiljalleen lapsen kasvaessa.

Pienen lapsen sydämen kompensatiomekanismit ovat puutteellisia verrattuna aikuiseen. Vastasyntyneen lapsen sydänlihassolut ovat vielä kypsymättömiä, minkä vuoksi vastasyntyneen sydän ei kykene lisäämään sydämen supistuvuutta. Lyöntitiheyden eli sykkeen nostaminen on myös rajallisempaa vastasyntyneillä. Puutteellisten kompensatiomekanismien vuoksi bradykardia voi ajaa vastasyntyneen herkästi tilaan, jossa kehittyy kudoshypoksia, maitohapposidoosi ja ennen pitkää verenkierron romahtaminen.

Iän mukana lasten viitteelliset verenpaineet kohoavat. Pienen lapsen ison verenkierron vastus on matala, jotta suhteellisen heikosti supistuva sydän kykenee ylläpitämään riittävää minuuttivirtausta kehossa. Kasvavan ja kehittyvän lapsen sydänlihassolujen kypsyminen mahdollistaa verenkierron vastuksen lisääntymisen, ja näin ollen verenpaineen kohoamisen.

Verenkiertovajaustilanteeseen lapsen elimistö reagoi sydämen syketaajuutta nostamalla ja vasokonstriktiolla. Näin elimistö pystyy turvaamaan vitaalielimien verenkierron.

Verenkiertovajauksen kliinisiä merkkejä potilaalla, takykardian lisäksi, ovat heikosti palpoituvat perifeeriset pulssit, hidas kapillaaritäyttö, levottomuus ja laktatemia.

### 2. 2 Hengityselimistö

Hengityselimistö ja keuhkot kehittyvät suurimmaksi osaksi vasta raskauden loppuvaiheessa. Suurin osa alveoleista kehittyi vasta syntymän jälkeen ja alveolien määrä lisääntyy aina kahdeksaan

ikävuoteen asti. Tämänkin jälkeen alveolien koko suurenee puberteetin loppuun asti, niin kauan kuin rintaontelon tilavuus kasvaa.

Vastasyntyneellä keuhkojen jäännöstilavuus on vähäinen verrattuna aikuisen vastaavaan (20% vs. 70%). Vastasyntynyt siis hengittää lähes koko keuhkotilavuudellaan, mikä johtaa siihen, että uloshengityksen jälkeen keuhkoihin ei jää paljon reservi-ilmaa. Apnea johtaa vastasyntyneellä herkästi hypoksiaan. Suuri alveoliventilaatio vaikuttaa pienillä lapsilla myös anestesiakaasujen nopeaan veripitoisuuden suurenemiseen.

Vähäinen jäännöstilavuus tarkoittaa pienellä lapsella myös sitä, että ventilaatio on riippuvainen lähes yksinomaan hengitystiheydestä. Normaali hengitysfrekvenssi vastasyntyneellä on noin 35 kertaa minuutissa, 3-vuotiaalla noin 22 kertaa minuutissa ja 15-vuotiaalla noin 16 kertaa minuutissa.

Vastasyntyneen pallea- ja hengityslihaksisto eroaa aikuisesta. Kylkivälilihasten rooli hengityksessä tulee esiin vasta leikki-ikänsä jälkeen, joten pienimmät lapset tekevät hengitystyön lähes yksinomaan pallealihaksella. Lisäksi vastasyntyneen pallealihaksessa tyypin I oksidatiivisia lihassyitä on vähemmän kuin aikuisella, mikä johtaa siihen, että vastasyntyneen pallealihas väsy helpommin. Tämän vuoksi spontaan hengitykselle ei ole juuri sijaa vastasyntyneen anestesiassa, ja hengityksen turvaaminen intubaatiolla ja kontrolloidulla ventilaatiolla tulee kyseeseen lähes aina vastasyntyneen anestesiassa.

Hengityskeskusten hermotus ei ole vastasyntyneellä vielä kypsä, mikä aiheuttaa usein periodista hengittämistä normaalillakin vastasyntyneellä. Tämä tarkoittaa sitä, että hengityksessä voi esiintyä jopa useiden sekuntien mittaisia taukoja. Periodista hengittämistä saattaa esiintyä joillakin lapsilla vielä ensimmäisen elinvuoden lopulla.

Apneariski on suurentunut vastasyntyneillä 45 viikon ikään saakka. Apneariskiä lisäävät jäähtyminen, ympäristön lämpötilan lasku ja anemia.

### 2.3 Sisäelimet

Munuaisten toiminta ja diureesi lähtee käyntiin heti synnytyksen hetkellä. Kyky konsentroida virtsaa on alusta asti jo hyvin kehittynyttä ja munuaisten kreatiinipuhdistumakin suurenee aikuista vastaavalle tasolle ensimmäisen ikävuoden kohdalla. Vastasyntyneellä munuaistubulukset eivät kykene reabsorboimaan bikarbonaattia yhtä hyvin kuin aikuisella. Tämä johtaa tyypilliseen vastasyntyneen fysiologiseen asidoosiin (pH 7,3-7,34).

Maksan toimintaan lapsilla vaikuttaa olennaisesti sytokromi-P450-järjestelmän entsyymien kehitysvaihe. Osa CYP-entsyymeistä saavuttaa aikuista vastaavan aktiivisuuden vasta useiden kuukausien jälkeen.

Imeväisiän fysiologinen anemia johtuu siitä, että munuaisten erytropoietiini käynnistää luuytimen erytropoieesin vasta ensimmäisen kuukauden aikana.

## 2. 4 Nestetasapaino ja lämpötalous

Vastasyntyneen ja pienen lapsen vilkkaan aineenvaihdunnan vuoksi, myös nestetarve on suuri. Pienen lapsen nestetarve on 100 ml/kg/vrk ja verrattain aikuisella vastaava on 25-35 ml/kg/vrk. Vastasyntyneen painosta 80 % on vettä, josta suuri osa on solunulkoista vesitilavuutta. Lapsen kasvaessa suurin muutos vesitilavuudessa kohdistuu solunulkoisen nesteen määrään, joka vähenee asteittain ensimmäisen elinvuoden aikana 45 %:sta 25 %:iin.

Pienen lapsen pinta-ala on suhteessa suuri verrattuna aikuiseen ja iho huonosti eristävä. Nämä tekijät johtavat herkästi vastasyntyneen tai imeväisikäisen lapsen lämmönhukkaan.

Lämmöntuotanto kuluttaa happea ja rasittaa verenkierto- ja hengityselimistöä, joten hypoterminen vastasyntynyt on erityisen altis hypoksialle.

Anestesia-aineet estävät tai jopa poistavat vastasyntyneen normaalin lämmönsäätelyjärjestelmän, jolloin anestesiassa oleva vastasyntynyt voi olla täysin riippuvainen ulkoisesta lämpötilasta. Tämän vuoksi jäähtyneelle vastasyntyneelle infusoitavat nesteet tulisi antaa esilämmitettynä ja anestesiakaasut tulisi kostuttaa. Anestesian aikana voidaan myös käyttää lämmittävää ilmapeittoa, lämpöpatjaa, infrapunalämmitintä ja avaruuslakanaa.

## 2. 5 ASA-luokitus lapsilla

Lapsen anestesariskiä arvioidaan aikuisten tapaan ASA-luokituksella. Virallisessa luokitusjärjestelmässä ei ole mainintaa erityishuomioista pienten lasten anestesariskin arvioinnissa. Suomessa käytäntö on ollut kuitenkin lisätä alle 1-vuotiaan lapsen ASA-luokka 1-3 yhden portaan korkeammaksi. Käytäntö johtuu pienten lasten voimakkaista ja vaikeasti ennakoitavista reaktioista mahdollisiin anestesian aikaisiin fysiologisiin haasteisiin.

### 3 ANESTESIA-AINEET LAPSILLA

Anestesia-aineiden farmakologiaa on tutkittu suhteellisen vähän lapsilla. Lasten eri kehitysvaiheiden muuttuva farmakokinetiikka aiheuttaa haasteita anestesia-aineiden vasteen arviointiin ja myös luotettavien tutkimusten toteuttamiseen. Esimerkiksi annostelu lapsen painon perusteella (mg/kg) ei eri kehitysvaiheissa oleville lapsille ole välttämättä tarkka menetelmä, ja anestesia-aineiden vasteita tuleekin arvioida yksilöllisesti jokaisen lapsipotilaan kohdalla.

#### 3. 1 Inhalaatioanesteetit

Inhalaatioanesteetteja käytetään usein lapsilla sekä anestesian induktioon, että sen ylläpitoon.

Pienillä lapsilla inhalaatioanesteeteilla saavutetaan nopea vaste, mikä johtuu suuresta alveoliventilaation suhteesta toiminnalliseen jäännöstilavuuteen sekä suuresta sydämen minuuttitilavuudesta, jonka ansiosta anesteetti jakautuu nopeasti runsaasti verisuonitetulle alueelle. Suurin inhalaatioanesteettien annostarve on 3-6 kk ikäisellä lapsella.

Lapsilla suosituin anestesiainduktiossa käytetty inhalaatioanesteetti on sevofluraani, sillä se ei ole pistävän hajuista, eikä ärsytä hengitysteitä (3). Sevofluraanin pienen veri:kaasu -jakaantumisvakion (0,7) vuoksi se on myös nopea- ja lyhytvaikutteinen. (4). Sevofluraanin lisäksi lapsilla käytetty inhalaatioanesteetti on desfluraani. Sevofluraani on kuitenkin Suomessa syrjäyttänyt lähes täysin muiden inhalaatioanesteettien käytön tasaisen induktion ja turvallisemman kardiovaskulaarisen profiilinsa ansiosta. Desfluraani sopii anestesian ylläpitoon, mutta induktiossa sitä ei käytetä, hengitystieärsytyksen ja pistävän hajun vuoksi.

#### 3. 2 Laskimoanesteetit

Suonensisäsistä anesteeteista lapsilla yleisimmin käytettyjä ovat propofoli ja tiopentaali (3).

Propofolin jakaantumistilavuus ja puhdistuma ovat pienillä lapsilla suurempia kuin aikuisilla, joten lapset tarvitsevat aikuisia suurempia annoksia. Sama pätee myös tiopentaaliin, jonka puhdistuma on suurempi lapsilla kuin aikuisilla. Propofolin ja tiopentaalin anestesoiva vaikutus ilmenee lapsilla kuitenkin aikuisia nopeammin, ja huippupitoisuus saavutetaan jo minuutissa. Nopea vaikutuksen alku selittyy osaltaan lasten suhteellisen suurella sydämen minuuttivirtauksella. Propofoli ja tiopentaali aiheuttavat molemmat verenpaineen laskua ja sydämen minuuttivirtauksen heikkenemistä varsinkin nopeina boluksina annettuna. Propofolin käytön selkeä haitta on sen aiheuttama injektiokipu. Injektio kivun välttämiseksi voidaan propofolin joukkoon lisätä lidokaiinia juuri ennen injektiota.

Laskimoanesteeteista vähemmän käytettyjä lapsilla ovat S-ketamiini ja deksmedetomidiini. S-ketamiini soveltuu erityisesti alle kouluikäisille lapsille esimerkiksi sydämen ja verenkierron katetrointitutkimuksiin. Deksmetomidiinin käyttö esimerkiksi kuvantamistutkimusten yhteydessä lapsilla on yleistynyt.

### 3.3 Analgeetit

Lasten yleisanestesiassa yleisimmin käytössä olevat analgeetit ovat fentanyyli ja alfentaniili. Nämä annostellaan anestesian ylläpitovaiheessa säännöllisinä boluksina suoneen. Remifentaniili on uusin yleisanestesiassa käytetty opioidi ja se eroaa muista opioideista sen hyvin lyhyellä ja nopealla vaikutusajalla, mikä tekee sen vaikutuksen hallinnasta helpompaa.

### 3.4 Lihasrelaksantit

Lapsilla lihasrelaksantteja käytetään harvoin. Käytetyimpiä lihasrelaksantteja ovat kuitenkin mivakuuri, sisatrakuuri ja rokuroni (3). Lihasrelaksanttien käytöllä pyritään hyviin intubaatioolosuhteisiin, sekä pitämään potilaan lihastonus matalana koko operaation ajan. Larynx-maskin käytön yleistyminen on viime aikoina vähentänyt lihasrelaksaation tarvetta.

Lasten annostarve myös lihasrelaksanttien osalta on suhteellisesti suurempi kuin aikuisilla. Lapsilla pienempi jakaantumistilavuus ja suuri puhdistuma, sekä suhteellisen suuri kasvava lihasmassa nostavat annostarvetta. Annostarpeen arvioinnissa on muistettava, että inhalaatioanesteetit voimistavat lihasrelaksanttien vaikutusta 20-40 %.

## 4 LASTEN ANESTESIA

### 4.1 Lapsipotilaan valmistelu

Lapsipotilaan kohdalla tulee huomioida leikkauksen aiheuttama psyykinen stressi, joka eri ikäisillä lapsilla voi aiheuttaa yhteistyövaikeuksia hoidon yhteydessä tai jopa leikkauksen jälkeisiä psyykkisiä reaktioita. Lapselle on tärkeää psyykkisen stressin ja pelon vähentämiseksi kertoa toimenpiteestä rehellisesti ja esimerkiksi esitellä toimenpiteeseen liittyvää välineistöä. Vanhemmilla ja anestesia-ääkärillä on tärkeä rooli leikkausta edeltävässä psyykkisessä valmistautumisessa. Vanhemmat pystyvät toimimaan ikään kuin tulkkeina hoitohenkilökunnan ja lapsen välillä, jolloin toimenpiteestä informointi tapahtuu lapselle luotettavan ja turvallisen auktoriteetin kautta. Anestesia-ääkäri taas on usein ainoa henkilö, jonka lapsi näkee leikkaussalissa ja tämän vuoksi anestesia-ääkärin ennakkotapaaminen auttaa hälventämään toimenpiteeseen liittyviä pelkoja.

Ravinnottaolo ennen toimenpidettä on aspiraatorisikin vuoksi tärkeää. Terveellä lapsella mahalaukku tyhjenee normaalin ateriavälin aikana, mutta kivut, opioidit ja jännitys saattavat hidastaa suolen motiliteettia, jolloin mahan tyhjeneminen on hitaampaa. Kirkkaita nesteitä lapsi saa juoda kohtuullisesti vielä tunti ennen leikkausta. Rintamaitoa tai vastiketta voi antaa 4 tuntia ja kiinteää ruokaa 6 tuntia ennen suunniteltua anestesiaa. Leikkauksen viivästyessä voi lapselle aloittaa laskimonsisäisen nesteytyksen.

Esilääkityksellä pyritään rauhoittamaan lasta ja vähentämään pelkoja ennen operaatiota. Esilääkityksen tarpeesta on monia käsityksiä ja niiden käyttö on vähentynyt viime aikoina potentiaalisten haittavaikutusten vuoksi. Tavallisimpia esilääkkeitä ovat bentsodiatsepiinit.

Lapsipotilaan anestesian valmistelussa on hyvä huomioida myös puudutevoiteiden käyttö tuleviin kanylointi- tai pistoskohtiin. Lapsilla suurimmat toimenpiteeseen liittyvät pelot koskevat usein pistämistä, minkä vuoksi kivuliaita pistämissä tulee välttää. Lidokaiinia tai prilokaiinia sisältävät puudutevoiteet toimivat hyvin tuntia ennen pistosta levitetynä.

Lapsipotilailla leikkauskelpoisuuden arvioinnissa tulee kiinnittää erityistä huomiota lapsen kasvun ja kehityksen vaiheeseen, mahdollisiin perinnöllisiin sairauksiin tai anomalioihin, sekä infektioanamneesiin.

#### 4. 2 Anestesian induktio

Pääosin lasten anestesian induktio toteutetaan laskimoanesteeteilla tai naamarin avulla käyttämällä inhalaatioanesteetteja. Anestesian induktiomenetelmää valittaessa kannattaa kuunnella myös lapsen mahdollisia omia toiveita. Induktion aikana tilannetta rauhoittaa vanhempien läsnäolo, jos se on olosuhteisiin nähden mahdollista.

Tilanteessa, jossa suoniyhteys on vaikea, voidaan anestesia indusoida naamarilla, ja suorittaa kanylointi lapsen ollessa unessa. Tällöin suonet näkyvät paremmin perifeerisen vasodilataation vuoksi.

Naamari-induktio on usein lapsille miellyttävämpi kuin kanylointia vaativa laskimoanesteetti-induktio. Naamari-induktiota käytetäänkin usein pienempien toimenpiteiden yhteydessä, kuten murtumien repositioissa, haavojen ompeluissa, yleiskirurgisissa toimenpiteissä. Suoniyhteys on kaikissa tapauksissa saatava viimeistään induktion jälkeen.

Lasten hengitystiet voidaan turvata pelkällä naamarilla, kurkunpäänaamarilla tai intubaatiolla. Pelkän naamarianestesian käyttö on tavallisempaa pienissä toimenpiteissä, jolloin naamarianestesiaan yhdistetään analgeettina opioidi, jolloin puhutaan balansoidusta anestesiasta

ilman intubaatiota. Kurkunpäänaamari voidaan asentaa kaiken ikäisille, ja sitä pidetään käyttökelpoisena vaihtoehtona naamari- ja intubaatioanestesiaalle. Se on intubaation jälkeen yleisin hengitystien hallinnan menetelmä (5). Kurkunpäänaamarianestesian vasta-aiheina voidaan pitää aspiraatoriskiä ja leikkausasentoa vatsallaan.

Intubaatioanestesia on invasiivinen hengitystien hallinnan vaihtoehto, mutta lasten anestesoissa yhä yleisin (5). Sitä käytetään suurimmissa toimenpiteissä, aspiraatoriskin ollessa korkea tai ylipäätään vaikean hengitystien hallinnan varminpana muotona. Vastasyntyneiden anestesoissa intubaatiota käytetään jopa 82 % tapauksista (5). Lasta ei intuboida koskaan hereillä ja intubaatio toteutetaan induktion jälkeen ns. balansoidussa anestesiassa, jossa anesteettiin yhdistetään opioidi ja joissain tapauksissa lihasrelaksantti. Ilman lihasrelaksanttia intuboinnin voi suorittaa vain syvässä anestesiassa.

Lapsen intubaatiossa tulee kiinnittää huomiota intubaatioputken kokoon, jonka voi arvioida esimerkiksi lapsipotilaan pikkusormen paksuuden avulla. Kuffillisia intubaatioputkia käytetään myös kaiken ikäisillä lapsilla. Alle 1-vuotiailla lapsilla suositetaan intubaatioputkea ilman kuffia, kun taas yli 1-vuotiailla lapsilla kuffillisten intubaatioputkien käyttö on yleisempää (5). Lasten intubaatiossa tulee varautua aina vaikeaan intubaatioon ja varmistaa välineiden saatavuus intubointia aloitettaessa.

#### 4.3 Anestesian ylläpito ja valvonta

Balansoidussa anestesiassa käytössä on anesteetti, analgeetti ja lihasrelaksantti. Lapsilla anestesiaa ylläpidetään tavallisimmin inhalaatioanesteetilla, jota säädellään tarpeen ja vasteen mukaan. Ylläpidon aikana yleisimmin käytetty inhalaatioanesteetti on sevofluraani. Laskimoanesteeteista propofolia ja S-ketamiinia käytetään myös anestesian ylläpidossa.

Lihasselaksantin käyttö ylläpitovaiheessa ei ole enää yhtä oleellista kuin intubaatiovaiheessa. Inhalaatioanesteetit ja tarpeeksi syvä anestesia aiheuttavat jo itsessään lihasrelaksaatiota. Jotkut toimenpiteet tosin vaativat ehdottoman vahvan lihasrelaksaation, jolloin pelkkä anestesia ja analgesia eivät riitä. Analgesian varmistamiseksi opioideja annetaan ylläpitovaiheessa potilaalle boluksina tai jatkuvana infuusiona.

Lapsilla anestesian aikaiseen valvontaan vaikuttaa potilaan kliininen tila ja toimenpiteen luonne. Lapsen kliininen tarkkailu ja monitorointivälineistön seuranta ovat anestesian aikaisen valvonnan kulmakiviä. Tärkeimpiä monitoroitavia suureita on lapsilla happikyllästeisyys pulssioksimetrin avulla. Happikyllästeisyys pyritään pitämään välillä 95-100 %. Lisäksi rutiinomaiseen valvontaan

kuuluu EKG ja verenpaineen mittausta. Intuboidulla lapsella kapnometri kertoo uloshengityksen hiilidioksidipitoisuuden, joka kuuluu oleellisesti intuboidun potilaan seurattaviin suureisiin. Lihasselaksaaion syvyyttä voidaan mitata relagsofialla.

#### 4. 4 Anestesian päättäminen

Lapsi pyritään ekstubaamaan joko syvässä anestesiassa tai melkein hereillä. Pinnallisessa anestesiassa ekstubaatio johtaa herkästi laryngospasmiin, hengityskatkoihin tai jäykistelyyn. Lasten anestesiologit suosivat syvässä anestesiassa ekstubointia, jos vasta-aiheita siihen ei ole. Vasta-aiheita ekstubaatioon syvässä anestesiassa ovat esimerkiksi aspiraatoriski, hengitysvaikeudet tai vaikea ilmatie. Pienimpien imeväisten ja vastasyntyneiden kohdalla ekstubaatio suoritetaan usein melkein hereillä, kun on varmistettu suojarefleksien palautuminen. APRICOT-tutkimuksessa havaittiin laaja variaatio menettelyissä ekstubaation ajankohdan osalta. Ekstubaatio suoritettiin suurimmassa osassa tapauksista melkein hereillä, kun taas kolmannes ekstubaatioista suoritettiin syvässä anestesiassa (5).

Anestesian lopettamisen ja ekstubaation jälkeisten haittavaikutusten ehkäisemiseksi on huolehdittava riittävästä kivun hoidosta, nielun ja mahalaukun tyhjentämisestä ja jäännöselaksaaion poissulusta. Tavallisin ekstubaation jälkeinen komplikaatio on laryngospasmi, jonka tärkein hoito on positiivinen paineventilaatio tai lievissä tapauksissa voidaan käyttää laskimonsisäisesti joko lidokaiinia tai propofolia. Vaikeammassa tapauksissa lihasrelaksantin käyttö voi tulla kysymykseen.

## 5 KOMPLIKAATIOT LASTEN ANESTESIASSA

Anestesiamenetelmät, anestesiassa käytettävät lääkkeet ja monitorointimenetelmät anestesian aikana ovat kehittyneet viimeisten vuosikymmenten aikana valtavasti, mikä on johtanut myös anestesiakomplikaatioiden esiintyvyyden vähenemiseen. Varsinkin pienillä lapsilla komplikaatioiden esiintyvyys on kuitenkin pysynyt korkeampana kuin aikuisilla. Vakavat perioperatiiviset komplikaatiot lisäävät lasten kuolleisuutta, sairastuvuutta, sekä pidentävät lapsipotilaan sairaalassaoloaika (6). Tärkeää onkin tunnistaa vakaviin komplikaatioihin johtavat riskitekijät ja ehkäistä niiden esiintymistä. Tässä työssä keskityn vakaviin perioperatiivisiin komplikaatioihin lapsilla, niiden esiintyvyyteen, sekä mahdollisiin riskitekijöihin niiden taustalla.

### 5. 1 APRICOT

Tutkimustieto lasten vakavista perioperatiivisista komplikaatioista ja niiden esiintyvyydestä on ollut niukkaa ja olemassa olevat tutkimukset ovat keskittyneet vain yhden laitoksen tai maan tapauksiin. Vuonna 2017 julkaistu APRICOT -tutkimus antaa laajan katsauksen nykypäivän lasten anestasioissa tapahtuviin vakaviin komplikaatioihin. Se on prospektiivinen havainnollistava monikeskustutkimus, johon osallistui 261 sairaalaa 33 Euroopan maassa ja jokainen sairaala osallistui tutkimukseen valitsemallaan kahden viikon ajanjaksolla aikavälillä huhtikuu 2014 – toukokuu 2015. Yhteensä tutkimukseen sisällytettiin 30 874 lasta, joille suoritettiin 31 127 anestesiatoimenpidettä. APRICOT-tutkimuksen ensisijaisina päätetapahtumina olivat perioperatiiviset vakavat komplikaatiot, ja toissijaisina päätetapahtumina komplikaatioiden mahdolliset seuraukset ja riskitekijät. Tutkimukseen otettiin mukaan kaikki 0-15 -vuotiaat lapset (ikäkeskiarvo 6,35 vuotta), joille suoritettiin anestesia (yleisanestesia, sedaatio, puudutus). Mukana eivät olleet lapset, jotka tulivat suoraan leikkaussaliin intuboituna tai lapset, joiden anestesiatoimenpide tehtiin teho-osastolla (1).

Rajaan omassa työssäni käsiteltävät komplikaatiot vakaviin perioperatiivisiin komplikaatioihin, joiden esiintyvyyttä myös APRICOT-tutkimuksessa yksityiskohtaisesti tutkittiin. Vakava komplikaatio oli tutkimuksessa määritelty haittatapahtumaksi, joka vaati välitöntä lääketieteellistä interventiota ja joka johti (tai olisi voinut johtaa) vakavaan vaurioon tai kuolemaan. Komplikaatiot jaettiin myös hengitystiekomplikaatioihin, kardiovaskulaarikomplikaatioihin, allergisiin ja neurologisiin komplikaatioihin. Käsittelen näitä komplikaatioita erikseen ja olen yhdistänyt allergiset ja neurologiset komplikaatiot kohtaan ”muut komplikaatiot” niiden vähäisen esiintyvyyden vuoksi.

## 5. 2 Komplikaatioiden esiintyvyys

Lasten anestasioissa ilmenevät vakavat komplikaatiot ovat aikaisempaan kirjallisuuteen verrattuna yleisiä. Perioperatiivisten vakavien komplikaatioiden esiintyvyys oli 5,2 %. Esiintyvyys oli selvästi korkeampi yleisanestesiassa kuin sedaatiossa (RR 2,69, RR=suhteellinen riski). Komplikaatioista yleisimpiä olivat hengitystiekomplikaatiot ja kardiovaskulaariset komplikaatiot, joiden esiintyvyys oli 3,1 % ja 1,9 % (1). Induktio ja anestesian lopetus ovat varsinkin respiratoristen komplikaatioiden osalta kriittisimmät ajankohdat, jolloin haittatapahtumien esiintyvyys on suurinta. Toisaalta 69,4 % kardiovaskulaarisista haittatapahtumista ajoittui ylläpitovaiheeseen (1).

Vakavien perioperatiivisten komplikaatioiden esiintyvyys vaihteli eri maiden välillä suuresti ja esimerkiksi 38 keskusta 14 maasta ei raportoinut yhtäkään vakavaa haittatapahtumaa kahden viikon seurantajakson ajalta. Muun muassa respiratoristen komplikaatioiden esiintyvyys vaihteli maiden

välillä 0,4 – 13,3 %. Laaja variaatio havaittiin myös käytettyjen anestesiamenetelmien osalta maiden välillä (1).

Puudutuksiin liittyviä vakavia haittatapahtumia ei tutkimuksessa havaittu (7).

### 5. 3 Komplikaatioiden seuraukset ja riskitekijät

Lapsilla esiintyvät vakavat komplikaatiot anestesiassa saattavat johtaa merkittäviin vaurioihin tai kuolleisuuteen. On laskettu, että noin yksi kuudesta (17,3 %) vakavan komplikaation anestesiassa saaneesta lapsesta tarvitsee täydentävää lääketieteellistä hoitoa tai pidempää sairaalassaoloaika (1, 6).

Anestesiaan liittyvä kuolleisuus lapsilla on hyvin harvinaista ja APRICOT-tutkimuksessa kuolleisuusluku 30 päivän seurannan aikana oli 30 tapausta tai 0,1 %. Yksikään kuolema ei tapahtunut perioperatiivisen jakson aikana tai ollut anestesiaan liittyvä (1).

Komplikaatioille altistaviksi yleisiksi riskitekijöiksi voidaan katsoa nuori ikä, korkea ASA-luokitus, sairaushistoria ja olemassa olevat perussairaudet. Lisäksi pienimpien lasten ja korkeimpien ASA-luokkien potilaiden osalta anestesiologin kokemus vähentää riskiä vakaviin haittatapahtumiin anestesian aikana (1, 8). Respiratoristen ja kardiovaskulaaristen komplikaatioiden osalta havaittiin itsenäisiä riskitekijöitä.

### 5. 4 Respiratoriset komplikaatiot

Hengitysteihin liittyvät haittatapahtumat ovat yleisimpiä vakavia perioperatiivisia komplikaatioita lasten anestesoissa. Varsinkin pienimmät lapset ovat alttiimpia hypoksialle, ja huono hapetus ja ventilaatio, sekä epäonnistunut intubaatio ovat vastuussa jopa 25 %:sta perioperatiivisista sydämenpysähdyksistä (5).

Vakavien respiratoristen komplikaatioiden esiintyvyys oli APRICOT-tutkimuksessa 3,1 %. Vakaviksi respiratorisiksi komplikaatioiksi lapsilla luetaan laryngospasmi, bronkospasmi, aspiraatio sekä stridor. Näistä yleisimpiä olivat laryngospasmi 1,2 % ja bronkospasmi 1,2 %. Stridoria esiintyi 0,7 % kaikista lapsista ja 1,1 % lapsista, joille oli suoritettu intubaatio. Aspiraatio oli edellä mainituista haittatapahtumista harvinaisin vain 0,1 % esiintyvyydellä (1).

Selvä enemmistö vakavista respiratorisista haittatapahtumista ajoittui anestesian induktioon tai lopetukseen. Molemmissa tapauksissa hengitysteihin kohdistuu ärsytystä, joko asennettaessa tai otettaessa pois hengitystien hallinnan välinettä (1, 9).

Respiratoristen komplikaatioiden riskitekijöitä ovat muun muassa lapsen nuori ikä (12 % riskin alenema ikävuotta kohti), edeltävä hengitystieinfektio (RR 2,82), hengitysteiden yliherkkyys (RR 2,38), kuorsaaminen (RR 2,09), hengityksen vinkuna (RR 3,53) ja keskisuus (RR 1,94) (1, 10).

Anestesiatoimenpiteeseen liittyen inhalaatioinduktio sekä intubaatioputken tai larynx-maskin käyttö olivat yhteydessä korkeampaan respiratorisen komplikaation riskiin. Iso-Britanniassa havaittiin selvästi matalampi bronkospasmin ja stridorin esiintyvyys verrattuna muihin maihin (RR 0.22,  $p < 0.001$  ja RR 0.42,  $p < 0.001$ ). Tämän eron on ajateltu johtuvan iv-induktion suosiesta Iso-Britanniassa (5, 11).

Heikkoa näyttöä on anestesiologin kokemuksen suojaavalla vaikutuksella respiratorisiin komplikaatioihin. Riski pieneni 1 %:lla jokaista vuotta kohti, joka anestesiologilla oli kokemusta (1).

KNK-kirurgia on vahva ennustetekijä hengitystiekomplikaatioille lapsilla. KNK-operaatiot ovat yleisimpiä lapsilla suoritettuja kirurgisia toimenpiteitä ja riski respiratorisiin haittatapahtumiin on 1,5-kertainen verrattuna kaikkiin muihin anestesiioihin. Respiratoristen komplikaatioiden esiintyvyys KNK-kirurgiassa on 3,93 % ja muissa 2,61 %. Ero saattaa selittyä osaltaan nuoremmasta iästä sekä hengitystieoireiden korkeammasta esiintyvyydestä KNK-lapsipotilailla (10).

Hengitysteiden hallinnan käytännöillä ja välineillä on luonnollisesti osuutta myös hengitysteihin kohdistuviin haittatapahtumiin ja Euroopan sisällä havaittiinkin laaja variaatio eri hengitysteiden hallintamenetelmien käytössä. käytännöissä. Koko Euroopan tasolla hengitysteiden hallinnassa käytettiin 16 % pelkkää naamaria, 44 % intubaatiota ja 35 % larynx-maskia. Anestesiologin kokemuksella ei ollut vaikutusta menetelmän valintaan (5).

Vaikea hengitystien hallinta lisää riskiä respiratorisiin haittatapahtumiin ja useat intubaatio- tai larynx-maskin asennusyritykset toimivat merkinä vaikeasta hengitystien hallinnasta. On havaittu selvä respiratoristen komplikaatioiden riskin kasvu, jos intubointiin tai larynx-maskin asennukseen joudutaan käyttämään enemmän kuin 2 yritystä ( $p = 0.001$ ). Vaikea intubaatio lisäsi vakavan respiratorisen komplikaation riskiä 2,1-kertaisesti ja vaikea larynx-maskin asennus 4,3-kertaisesti. Vaikean intubaation esiintyvyys oli suurinta vastasyntyneillä (5).

Lihassetonien käytön intubaation yhteydessä on ajateltu vähentävän hengitysteiden komplikaatioiden riskiä. Niiden käyttö Euroopassa on vaihtelevaa ja APRICOT ei osoita selvää yhteyttä lihasrelaksanttien käytön ja intubaation onnistumisen välillä (12).

## 5. 5 Kardiovaskulaariset komplikaatiot

Sydämeen ja verenkiertoon kohdistuvia haittatapahtumia esiintyi 1,9 %:ssa lasten anestesia- ja induktion aikana, ollen näin toiseksi yleisimpiä haittatapahtumia. Suurin osa kardiovaskulaarisista haittatapahtumista tai instabiliteetista ajoittui anestesian ylläpitovaiheeseen (69,4 %) ja viidennes ajoittui induktiovaiheeseen (1).

Tavallisimpia raportoituja kardiovaskulaarisia komplikaatioita olivat hypotensio (54,9 %), rytmihäiriöt (19,5 %) ja vuoto (16,0 %). Rytmihäiriöistä valtaosa oli bradykardioita (1).

94 %:ssa kaikista kardiovaskulaarisista vakavista haittatapahtumista lopputulos oli hyvä, eikä johtanut vakavampiin seurauksiin. 5,5 %:ssa tapauksista haittatapahtuma johti kuitenkin heikkoon lopputulokseen kuten sydämenpysähdykseen, koagulopatiaan tai pelastaviin toimenpiteisiin (sydänkeuhkokoneeseen, uusinta-operaatioon yms.). Sydämenpysähdykseen johtavat todennäköisimmät syyt olivat hypoksia, matala sydämen minuuttitilavuus ja hypotensio (1).

Riskitekijöiksi kardiovaskulaarisille komplikaatioille tunnistettiin korkeampi ASA-luokka (luokat III-V, RR 6,56), keskosuus (RR 2,24), kehitysvamma (RR 2,33), säännöllinen lääkitys (RR 2,26). Toimenpiteisiin ja anestesiaan liittyen kardiovaskulaarisille komplikaatioille altisti kirurginen toimenpide (RR 4,20), yleisanestesia (RR 8,30 verrattuna sedaatioon) ja erityisesti sydänkirurgia ja sydämen katetrisaatiot, joiden suhteellinen riski komplikaatioille oli lähes 17-kertainen (RR 16,92,  $p < 0,0001$ ) (1).

Valitulla anestesiamenetelmällä ei havaittu vaikutusta kardiovaskulaarikomplikaatioiden esiintyvyydelle. Eroa ei löydetty inhalaatio- ja laskimonsisäisen induktion välillä, lihasrelaksanttien tai RSI-protokollan (rapid sequence induction) käytöllä (1).

## 5. 6 Muut komplikaatiot

Komplikaatioista harvinaisimpia olivat lääkevirheet sekä neurologiset ja allergiset haittatapahtumat. Lääkevirheet sisälsivät väärän annostelun ja väärän lääkkeen annon potilaalle. Lääkevirheen esiintyvyys oli vain 0,2 % kaikista anestesia- ja induktion aikana APRICOT-tutkimuksessa (1).

Neurologisten haittatapahtumien esiintyvyys oli vain 0,02 % ja anafylaktisten reaktioiden esiintyvyys 0,01 %. Kyse on siis yksittäistapauksista tutkitussa aineistossa (1).

Näiden muiden komplikaatioiden matalan esiintyvyyden vuoksi tutkimuksessa ei ollut mahdollista tunnistaa erityisiä riskitekijöitä lääkevirheille, neurologisille tai allergisille haittatapahtumille (1).

## 6 KOMPLIKAATIOT SUOMESSA

Lasten anestesiologian ja tehohoidon systemaattinen erityispätevyyteen tähtäävä koulutus on vielä Euroopan tasolla harvinaisuus. Pohjoismaissa erityiskoulutus kestää pisimpään, ollen yhteensä 2 vuoden mittainen. Pohjoismaiden lisäksi lasten anestesiologin erityiskoulutusta Euroopassa toteutetaan Iso-Britanniassa ja Ranskassa, joissa koulutuksen kesto on yksi vuosi (13). APRICOT-tutkimuksen maakohtaisissa jatkotutkimuksissa selviää, että Pohjoismaissa ja Iso-Britanniassa anestesiaan liittyvien vakavien komplikaatioiden esiintyvyys oli huomattavasti pienempi verrattuna muun Euroopan tuloksiin. Ranskassa komplikaatioiden esiintyvyys oli 6,2 %, ollen hieman korkeampi verrattuna muun Euroopan esiintyvyyteen (5,2 %) (1, 11, 14, 15).

Suomesta tutkimukseen osallistui neljä sairaalaa ja yhteensä 266 lasten anestesiaa sisältyi Suomen aineistoon APRICOT-tutkimuksessa. Suomen luvut selviävät Pohjoismaiden tuloksista tehdystä jatkotutkimuksesta (14). Suomessa vakavien komplikaatioiden esiintyvyys oli suurempi kuin muualla Euroopassa ollen 8,2 % (koko APRICOT 5,2 %). Erityisesti Suomen aineistossa laryngospasmin ja anestesian jälkeisen stridorin esiintyvyys oli korkeampi kuin muualla Euroopassa (3,4 % ja 2,3 %). Kardiovaskulaaristen komplikaatioiden esiintyvyys oli Suomessa 1,9 %, mikä on samaa luokkaa kuin muualla Euroopassa. Yhtään lääkevirhettä ei Suomen aineistossa tapahtunut (14).

Suomen maakohtaisen aineiston edustavuus tulee kyseenalaistaa ja lukujen vertailu koko Euroopan aineistoon ei ole järkevää. Suomen aineisto on suppea ja huomioon otettavaa on KNK-potilaiden suuri määrä. Suomen aineistossa 46,6 % lapsista kävi läpi KNK-toimenpiteen, joka on itsenäinen riskitekijä respiratorisille komplikaatioille, mikä saattaa selittää Suomen aineiston korkean respiratoristen komplikaatioiden esiintyvyyden (5, 10, 14).

Vaikka Suomen komplikaatioluvut näyttävät respiratoristen komplikaatioiden suuren määrän vuoksi korkeilta, komplikaatiot johtivat Suomessa kuitenkin harvemmin tehohoitoon kuin muualla Euroopassa (1, 14).

## **7 ANESTESIATIIMIN VAIKUTUS KOMPLIKAATIOIHIN**

Euroopan sisällä havaittiin laaja variaatio lasten anestesioiden toteutuksessa. Eroja löytyi maiden välillä mm. anestesiahenkilökunnan kokoonpanossa, induktiomenetelmien ja anestesiavälineistön valinnassa. Ohjeistuksia anestesiatiimin kokoonpanosta ja anestesiologin kokemuksesta on vain vähän. Euroopan tasolla ainoastaan Ranskassa on ohjeistukset anestesiologin koulutusvaatimuksista nukutettaessa iältään pienimpiä lapsia (13). APRICOT-tutkimuksen tarkka aineisto antaa mahdollisuuden analysoida anestesiahenkilökunnan vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen lasten anestesoissa.

Käytäntöjen laaja variaatio ei näyttäisi johtuvan anestesiologin kokemuksesta, sillä varsinkin hengitystien hallinnan välineen valintaan ei vaikuttanut anestesiologin kokemus. Lisäksi vaikean intubaation tiedetään olevan riskitekijä etenkin respiratorisille komplikaatioille, ja anestesiologin kokemuksella ei havaittu yhteyttä myöskään vaikean intubaation esiintyvyyteen (5).

APRICOT-tutkimuksessa havaittiin, että anestesiologin kokemuksella oli positiivinen ennaltaehkäisevä vaikutus respiratoristen ja kardiovaskulaaristen komplikaatioiden esiintyvyyteen. Respiratoristen komplikaatioiden riski pieneni 1 % jokaista vuotta kohden, joka anestesiologilla on kokemusta. Kardiovaskulaaristen komplikaatioiden osalta anestesiologin kokemuksella oli suurempi vaikutus ja vastaava luku oli 2 % per vuosi (1, 13).

Etenkin pienimpien lasten ja lasten, joiden ASA-luokka on korkea (ASA III-V), kohdalla kokeneesta anestesiologista havaittiin olevan hyötyä komplikaatioiden ehkäisyssä (1, 8).

Hoitolaitoksen tyyppillä ei havaittu olevan merkitystä komplikaatioiden esiintymiseen. Tosin sairaalan tai laitoksen nukutettujen lapsipotilaiden määrä näyttäisi vähentävän riskiä vakaville respiratorisille ja kardiovaskulaarisille haittatapahtumille (1).

Anestesiatiimin koolla tai kokoonpanolla ei havaittu yhteyttä komplikaatioiden esiintyvyyteen (1). Ranskan maakohtaisessa aineistossa havaittiin kuitenkin anestesiahoitajan läsnäolon vähentävän komplikaatioiden esiintyvyyttä (15).

## **8 POHDINTA**

APRICOT-tutkimus on laaja koko Euroopan kattava tutkimus, jossa onnistuttiin kartoittamaan tarkasti lasten anestesioiden toteutus, komplikaatiot ja niihin johtavat riskitekijät. Päällimmäisenä laajasta aineistosta selviää odotuksia ja aikaisempaa kirjallisuutta korkeampi vakavien komplikaatioiden esiintyvyys 5,2 %. Yleisimpiä komplikaatioita olivat respiratoriset ja kardiovaskulaariset komplikaatiot, mikä on linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa. Komplikaatioiden korkeasta määrästä huolimatta yhtäkään anestesiaan liittyvää kuolemaa ei todettu.

Havaittujen haittatapahtumien määrä saattaa olla todellinen, vaikka aikaisempi kirjallisuus todistaa alhaisempaa esiintyvyyttä vakaville haittatapahtumille. APRICOT-tutkimuksen asettelu mahdollisti rehellisen ja anonyymin raportoinnin tutkimusryhmälle komplikaatioista ja niihin johtavista tekijöistä. Aikaisempien aiheeseen liittyvien tutkimusten heikkoutena saattoi olla niiden keskittyminen vain yhden maan tai laitoksen tapauksiin, jolloin aliraportointia oman laitoksen eduksi on mahdollisesti tapahtunut enemmän (8).

Huomioitavaa tutkimuksessa on laaja variaatio komplikaatioiden esiintyvyydessä eri maiden välillä. Samoin havaittiin laaja variaatio anestesiakäytännöissä ympäri Euroopan. Epäselväksi jää ovatko komplikaatioiden vaihteleva esiintyvyys seurausta menetelmien monimuotoisuudesta, mutta APRICOT:n tulokset ainakin herättävät asiasta keskustelua ja antavat aihetta uusille jatkotutkimuksille. Joitain yhteyksiä ja hypoteesejä anestesiamenetelmien yhteydestä komplikaatioihin esitettiin APRICOT:n jatkotutkimuksissa. Esimerkiksi Iso-Britanniassa kokeneet anestesioilogit hoitavat sairaimpia lapsia (ASA III tai enemmän) ja mahdollisesti siksi komplikaatioiden määrä oli selvästi pienempi, kuin muun Euroopan (3,3 % vs 5,8 %). Iso-Britanniassa iv-induktion suosion on ajateltu liittyvän alhaisiin respiratoristen komplikaatioiden määriin (11). Italiassa komplikaatioiden pienemmän määrän on ehdotettu liittyvän siihen, että Italian aineistossa yli 84% lapsista hoiti kokenut lasten anestesioilologi (9).

Tärkeimmiksi riskitekijöiksi kaikille vakaville haittatapahtumille lasten anestesoissa tunnistettiin nuori ikä, sairaushistoria, perussairaudet ja fyysinen kunto (ASA-luokka). Nämä riskitekijät ovat jo aikaisemmasta kirjallisuudesta tuttuja (1).

Tutkimus asettaa ehdottomasti kysymyksiä käytäntöjen yhtenäistämisen tarpeesta Euroopassa. Lisäksi erityinen lasten anestesiologin koulutus on mahdollista vasta pienessä osassa Eurooppaa ja esimerkiksi Pohjoismaiden ja Iso-Britannian suhteellisen pienet komplikaatioluvut saattavat olla seurausta saatavilla olevasta koulutuksesta.

Käytäntöjen yhtenäistäminen vaatii näyttöön perustuvaa tietoa, jota APRICOT-tutkimus on Euroopan tasolla tarjonnut. Ranskaa voidaan pitää tässä suhteessa edelläkävijänä, sillä heidän ohjeistuksensa lasten anestesioiden toteutuksesta, rakenteesta ja välineistöstä ovat luotu jo vuonna 2000. Lisäksi APRICOT-tutkimuksen jälkeen vuonna 2019 Ranska on julkistanut kansalliset ohjeistuksensa hengitystien hallinnasta lasten anestesoissa (16). Ranskan ohjeistukset ovat askel kohti yhtenäisiä ja turvallisia anestesiakäytäntöjä lasten anestesoissa, ja muiden Euroopan maiden tulisi seurata perässä.

Kirjallisen työni yhtenä tärkeimpänä kysymyksenä pohdin sitä, kuka voi nukuttaa lapsia, missä ja ketä. APRICOT ja sen jatkotutkimukset osoittavat anestesiologin kokemuksen ja laitoksen potilasmäärän positiivisen ehkäisevän vaikutuksen vakaviin komplikaatioihin. Selvin hyöty anestesiologin kokemuksella on kardiovaskulaaristen riskitekijöiden ehkäisyssä, sekä pienimpien ja sairaimpien lasten anestesioiden yhteydessä. Habre ym. ehdottaa APRICOT:n alkuperäisartikkelissaan, että erikoistuneen lasten anestesiologin tulisi hoitaa alle 3-3,5 -vuotiaat lapsipotilaat, sekä lapset, joiden ASA-luokitus on III tai enemmän. Lisäksi lasten anestesiologin

hoitoa vaativia tapauksia olisivat keskoshistoria, synnynnäinen kehitysvamma, kuorsaaminen, hengitysteiden yliherkkyys ja kuumeinen sairaus (Taulukko 1) (1).

## LÄHTEET

1. Habre W, Disma N, Virag K, Becke K, Hansen TG, Jöhr M, Leva B, Morton NS, Vermeulen PM, Zielinska M, Boda K, Veyckemans F 2017: APRICOT Group of the European Society of Anaesthesiology Clinical Trial Network. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med.* 5(5):412-425
2. Rosenberg P, Alahuhta S, Lindgren L, Olkkola K, Ruokonen E 2014: Anestesiologia ja tehohoito. Kustannus Oy Duodecim
3. Annila P, Meretoja O 1998: Lapsi ja anestesia. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 114(16):1617-
4. Aantaa R, Manner T 2001: Lasten PÄIKI-anestesoista. *Finnanest* 34(2): 151-155
5. Engelhardt T, Virag K, Veyckemans F, Habre W ym. 2018: Airway management in pediatric anaesthesia in Europe – insights from APRICOT (Anaesthesia Practice In Children Observational Trial): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *British Journal of Anaesthesia* 121(1): 66-75
6. Michel F, Constant I 2019: Critical events in paediatric anaesthesia: Lessons learned from the APRICOT study's French data. *Anaest Crit Care Pain Med* 38(6): 599-600
7. Dadure C, Veyckemans F, Bringuier S, Habre W 2019: Epidemiology of regional anesthesia in children: Lessons learned from the European Multi-Institutional Study APRICOT. *Pediatric Anesthesia* 29(11): 1128-1135
8. Wolf A 2017: Reducing risk in pediatric anaesthesia: What are the implications from the APRICOT study? *Pediatric Anesthesia* 27(7): 674-675
9. Wolfler A, De Silvestri A, Camporesi A, Ivani G, Vittori A, Zadra N, Pasini L, Astuto M, Locatelli B, Cortegiani A, Disma N ym. 2020: Pediatric anesthesia practice in Italy: a multicentre national prospective observational study derived from the APRICOT Trial. *Minerva Anestesiologica* 86(3): 295-303
10. Virag K, Sabourdin N, Thomas M, Veyckemans F, Habre W ym. 2019: Epidemiology and incidence of severe respiratory critical events in ear, nose and throat surgery in children in Europe. *Eur J Anaesthesiol* 36(3): 185-193

11. Engelhardt T, Ayansina D, Bell G.T., Oshan V, Rutherford J.S., Morton N.S. 2019: Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia in the United Kingdom: secondary analysis of the anaesthesia practice in children observational trial (APRICOT study). *Anaesthesia* 74(3): 300-311
12. King M.R., Jagannathan N 2018: Best practice recommendations for difficult airway management in children – is it time for an update? *British Journal of Anaesthesia* 121(1): 4-7
13. Habre W 2018: Pediatric anesthesia after APRICOT (Anaesthesia Practice In Children Observational Trial): who should do it? *Curr Opin Anaesthesiol.* 31(3): 292-296
14. Hansen TG, Børke WB, Isohanni MH, Castellheim A 2019: Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia in Scandinavia: Secondary analysis of Anaesthesia Practice In Children Observational Trial (APRICOT). *Acta Anaesthesiol Scand.* 63(5): 601-609
15. Dahmani S, Laffargue A, Dadure C, Veyckemans F 2019: Description of practices and complications in the French centres that participated to APRICOT: A secondary analysis. *Anaesth Crit Care Pain Med* 38(6): 637-645
16. Dadure C, Sabourdin N, Veyckemans F, Babre F, Bourdaud N, Dahmani S, Queiroz M, Devys JM, Dubois MC, Kern D, Laffargue A, Laffon M, Lejus-Bourdeau C, Nouette-Gaulain K, Orliaguet G, Gayat E, Velly L, Salvi N, Sola C 2019: Management of the child's airway under anaesthesia: The French guidelines. *Anaesth Crit Care Pain Med* 38(6): 681-693

## LIITTEET

**Taulukko 1.** Potilaasta riippuvia tekijöitä, jotka vaativat lasten anestesiologin hoitoa (13).

Ikä alle 3 vuotta *ja/tai*

Keskoshistoria *tai*

Synnynnäinen kehityshäiriö *tai*

Kuorsaaminen *tai*

ASA-PS  $\geq$  III *ja/tai*

Kuumeinen sairaus