

Sevofluraanin työturvallisuudesta

Tuula Manner

Sevofluraani on ollut Suomessa kliinisessä käytössä yli viiden vuoden ajan ja se on saavuttanut vanhan aseman erityisesti lastenanestesiologiassa johdettujen sevofluraanin hyvistä induktio-ominaisuuksista sekä nopeasta toipumisesta anestesian jälkeen. Lisääntyneen käytön myötä on herännyt kysymys sevofluraanin turvallisuudesta erityisesti työkohteissa, joissa sevofluraania käytetään päivittäin useissa anestesoissa. Lasten anestesoita hoitava henkilökunta altistuu erityisen paljon sevofluraanille, koska maskianestesoita on paljon, potilaat ovat usein levottomia ja huonosti ko-opeoivia, induktiossa käytetään suuria tuorekaasuvirtauksia, pienimmät intubaatiotubit ovat kuffittomia ja lisäksi anestesoita annetaan ”ulkotöinä” ilmanvaihdoltaan vaihtelevissa olosuhteissa.

Anestesiakaasujen terveysriskit

Anestesiakaasujen terveysriskeistä kirjoitettiin runsaasti 1980-luvulla, jolloin kaasunpoistosysteemit olivat puutteellisia ja kaasuja käytettiin varsin holtittomasti. Erityisesti hammaslääkärien ja -hoitajien raportointiin altistuvan huomatta-

ville typpioksiduulipitoisuuksille. Epidemiologisten retrospektiivisten tutkimusten perusteella anestesiakaasujen esitettiin lisäävän keskenmenoriskiä 1.6-2.3-kertaiseksi ja sikiön epämuodostumariskiä jonkin verran sekä vähentävän fertiilitettä jopa 50 % normaalista (1-4). Näitä epäilyjä ei kuitenkaan ole voitu vahvistaa myöhemmissä prospektiivisissä tutkimuksissa (5). Tämä voi johtua sekä tutkimusmenetelmien luotettavuuden lisääntymisestä että altistumistasojen pienentymisestä. Sevofluraanille altistuneissa työntekijöissä ei myöskään ole raportoitu ainoatakaan epämuodostumatapausta tai muuta oireyhtymää. Typpioksiduulista sen sijaan tiedämme, että se suurina pitoisuuksina voi aiheuttaa verenkuvamuutoksia, estää B₁₂-vitamiinin aineenvaihduntaa sekä aiheuttaa neuropatioita ja psyykkisen toiminnan heikkenemistä. Sevofluraanille altistuvan anestesiahenkilökunnan valittamia oireita ovat väsymys, huonovointisuus, huimaus, päänsärky ja silmien ärsytys.

Anestesiakaasujen suositellut enimmäispitoisuudet vaihtelevat suuresti eri maiden välillä (Taulukko 1). Suomessa ei ole määritelty HTP-arvoa (HTP= haitalliseksi todettu pitoisuus; määrätty ilman dokumentoitua näyttöä haitallisuudesta) sevofluraanille, mutta esim. erityisäitiyslomasäännöksissä käytetään NIOSH:n (National Institute for Occupational Safety and Health) arvoa 2 ppm. Huomattavaa on, että kaasuseoksia käytettäessä HTP-arvot pienenevät (esim. USA:ssa sevofluraanin HTP-arvo 2 ppm vähenee arvoksi 0.5 ppm, jos kaasuseoksessa on mukana typpioksiduulia). Kokonaisaltistuksen haitallisuuden osalta ei myöskään tiedetä, ovatko lyhytaikaiset korkeat huippupitoisuudet merkittävämpiä kuin pitkäaikainen altistuminen matalille pitoisuuksille.

Taulukko 1. HTP-arvot eri maissa (ppm)

	<i>Suomi</i>	<i>NIOSH (USA)</i>	<i>Ruotsi</i>
N ₂ O	100	25	100
Sevofluraani	-	2	10
Isofluraani	10	2	10
Enfluraani	10	2	10
Halotaani	1 (8 h) 3 (15 min)	?	?

(ppm=parts per million; esim. 1%= 10 000 ppm)

Julkaistuja mittaustuloksia

Hoerauf kumppaneineen on julkaissut sarjan anestesiakaasupäästöjä selvittäviä tutkimuksia. Heidän mittauksissaan tavanomaisen lapsipotilaan inhalaatioinduktion aikana anestesia- ja heräämis- ja heräytyslääkärin altistui 3-5 ppm sevofluraanipitoisuuksille huolimatta kohdeimun käytöstä. Intubaation jälkeen (2.4 % sevofluraanin ylläpitokonsentraatio) pitoisuus väheni 0.5-2 ppm:ään (6). Vastaavanlaisessa tutkimusasetelmassa larynx-maskia käytettäessä sevofluraanin pitoisuus oli koko anestesian ajan korkeampi, keskimäärin 2 ppm anestesia- ja heräytyslääkärin hengitysvyöhykkeellä (7). Kun intuboiduille aikuispotilaille annettiin sevofluraania 0.8 % (uloshengitysilman pitoisuus) typpioksiduulin kanssa, niin mitattu sevofluraanin pitoisuus ylitti 0.5 ppm 76 % ajasta anestesia- ja heräytyslääkärin, 60 % kirurgin ja 50 % hoitajan hengitysvyöhykkeellä (8). Nämä tulokset siis osoittavat, että ainoastaan intubaatio kuffillisella tuubilla vähentää sevofluraanipäästöjä NIOSH:n asettamien tiukkojen enimmäispitoisuuksien tasolle.

Westphal ja kumppanit (9) ovat mitanneet anestesia- ja heräytyslääkärin ja tähystyslääkärin altistumista lapsipotilaiden bronkoskopian aikana. Anestesia-aineena käytettiin sevofluraania (2-3 %) puhtaan happeen sekoitettuna. Anestesia- ja heräytyslääkärin keskimääräinen altistuminen oli n. 40 ppm ja skopistin n. 50 ppm tilassa, jossa ei ollut erityistä ilmanvaihtosysteemiä. Tilassa, jossa oli yleisilmanvaihto (ilman vaihtuvuus 20 kertaa/t) pitoisuudet alenivat 15-20 ppm:ään.

Henkilökunnan altistus anestesiakaasuille ei rajoitu pelkästään leikkaussaliin, vaan myös heräämössä ja teho-osastoilla on merkittäviä kaasupitoisuuksia. Heräämöjen korkeita pitoisuuksia selitettiin aluksi sillä, että ne sijaitsivat leikkaussalien vierellä ja niillä oli yhteinen ilmanvaihtojärjestelmä. Myöhemmin on todettu, että potilaat ovat heräämössä tärkein anestesiakaasujen lähde. Puoli tuntia typpioksiduulia saanut potilas hengittää uloshengitysilmassa 25 ppm ylittäviä pitoisuuksia jopa 4 tunnin ajan anestesian loppumisesta. Ilmanvaihdon tehokkuudesta, potilasmäärästä ja anestesiamuodoista riippuen eri tutkimuksissa on mitattu heräämohenkilökunnan altistuvan 10-110 ppm N₂O-pitoisuuksille (10). Hoerauf ja ryhmä (11) ovat mitanneet typpioksiduulipitoisuuksia uudenaikaisessa, ilmastoidussa heräämössä viiden päivän ajan 12 tuntisen työpäivän aikana. Mittauspisteet olivat puolen metrin etäisyydellä potilaan päästä ja yksi hoitajan

työpöydän äärellä 5 metrin etäisyydellä potilasta. Pitoisuudet potilaiden läheisyydessä olivat keskimäärin 3-4 ppm ja hoitajan työpöydän vierellä 3.3 ppm. HYKS:n lasten ja nuorten sairaalassa mitattiin kahden potilaan ollessa heräämötarkkailussa hoitajien hengitysvyöhykkeiltä 0.37-0.45 ppm pitoisuuksia sevofluraania (ko. potilaiden uloshengitysilma) mitatut sevofluraanipitoisuudet olivat heräämöhön tullessa 6 ppm ja 45 ppm) (12).

Suomessa tehtyjä mittauksia

Kevättalvella 1999 VTT suoritti HYKS:n lasten ja nuorten sairaalassa tutkimuksen, jossa mitattiin anestesiakaasupäästöjä sekä erilaisten poistosysteemien tehokkuutta päästöjen rajoittamisessa (12). Anestesia- ja heräytyslääkärin hengitysvyöhykkeeltä mitatut sevofluraanipäästöt vaihtelivat välillä 0.46-31.8 ppm (ka 4.5 ppm) anestesiamuodosta riippuen. Vastaavat typpioksiduulin päästöarvot vaihtelivat välillä 4.4-230 ppm (ka 96 ppm). Verrattaessa maski- ja intubaatioanestesian aiheuttamia päästöjä todettiin sevofluraanin pitoisuudet anestesia- ja heräytyslääkärin hengitysvyöhykkeellä noin 20-kertaisiksi ja anestesiahoitajien osalta kaksinkertaisiksi maskianestesian aikana. Mielenkiintoinen löydös oli lämpöpeiton käyttöön liittyvä huomattava sevofluraanipäästön lisäys: korkein anestesia- ja heräytyslääkäriltä mitattu pitoisuus ylitti mittaustaitteen kapasiteetin (375 ppm) ja keskiarvokin oli huikkeen korkea 93 ppm. Korkea pitoisuus johtuu ilmeisesti siitä, että lämmin ilma nostaa maskista karkaavan sevofluraanin ylös suoraan anestesiologin kasvoille. Kun normaalin ilmanvaihdon lisäksi käytettiin kohdeimua (imuteho 22 l/s) 10-20 cm:n etäisyydellä maskista, niin päästöt vähenivät noin viidesosaan. Toisaalta kohdepoistomäärän lisäys 67 l/s:iin ei enää lisännyt kohdeimun tehoa. Tässäkin tutkimuksessa kaksoismaski oli tehokkain kaasunpoistosysteemi silloin, kun se saatiin asetettua tiiviisti potilaan kasvoille.

Omassa leikkaussalissamme (TYKS, lastenkliniikka) suoritettiin vastaavanlainen kaasupäästöjen mittaaminen joulukuussa 1999. Sevofluraanianestesiassa (3-6 %) tehtyjen bronkoskopioiden aikana anestesia- ja heräytyslääkärin hengitysvyöhykkeeltä mitattiin keskimäärin 3.2 ppm pitoisuus sevofluraania. Tavanomaisen lastenanestesiologin työpäivän aikana, johon sisältyy useita sevofluraaninduktioita maskilla, sevofluraanin pitoisuus 8 h:n keskiarvoksi laskettuna oli 3-4 ppm. Leikkaussa-

lissamme ei ollut mittausten aikaan käytössä kohdepoistoja.

Kaasunpoisto

Kaasunpoistosysteemeistä ei Suomessa ole olemassa selkeitä määräyksiä. NIOSH:n määrittämät kriteerit edellyttävät vähintään 20 kertaa tunnissa vaihtuvaa yleisilmanvaihtoa, anestesiakoneen vuotoa alle 150 ml/min sekä keskusimua 60 l/min. Meillä useimmissa leikkaussaleissa lienee käytössä asiallinen yleisilmanvaihto, mutta kohdepoistot puuttuvat vielä monista työpisteistä. Kohdeilmalla pyritään poistamaan anestesiakaasut suoraan potilaan kasvojen läheisyydestä ennen kaasujen leviämistä leikkaussalin ilmaan. Nykyisten kohdepoistojen ongelma on se, että niiden tehokas toiminta edellyttää imupään jatkuvaa siirtelyä, mikä hankaloittaa työskentelyä. Ollakseen tehokas kohdeilma pitäisi saada korkeintaan 10-20 cm:n etäisyydelle potilaasta, mikä on käytännössä usein mahdoton toteuttaa lapsipotilaiden kohdalla. Ilmanpoiston kannalta kaksoismaski (imuteho 583 l/min) on todettu tehokkaimmaksi kohdepoistoksi, mutta siihen kuuluva suhteellisen painava letkusto tekee siitä vaikeakäyttöisen erityisesti pienimmillä lapsipotilailla. Yhdeksi ratkaisuksi on esitetty leikkauspöytään integroitua kohdepoistoa, joka poistaisi anestesiakaasut tehokkaasti ilman, että sen käyttö vaatii aktiivista toimintaa.

Miten vähentää altistumista?

Sevofluraanin (ja muiden anestesiakaasujen) työturvallisuuden lisäämiseksi ei tällä hetkellä ole olemassa yksiselitteistä ratkaisua. Leikkaussaleihin, jossa käytetään paljon inhalaatioanesteettejä, tulisi asentaa kohdepoisto, joko kohdeilma tai kaksoismaskisysteemi. Kumpikaan näistä vaihtoehtoista ei ole ideaalinen, ja suhteessa rahalliseen sijoitukseen valinta on vaikea. Kehittyneissä olevat kohdepoistosysteemit voivat tuoda parannuksen tilanteeseen, mutta mitään lupaus ei voi antaa. Käytännön työssä omaa altistumistaan voi kukin vähentää jättämällä typpioksiduulin pois sevofluraani-induktiosta, välttämällä lämpöpeiton käyttöä maskianestesian aikana ja opettelemalla oikean maskitekniikan. Henkilökunnan "kierrätys" siten, ettei kukaan joudu viikko- tai kuukausikautiksi sevofluraanihöyrytykseen osoittaa esimieheltä tervettä järkeä ja reiluuutta. Samoin jo erityisäitiyslomaa koskeva asetus edellyttää, että raskaana

oleva työntekijä pääsee muihin tehtäviin (pois anestesiakaasualtistuksesta; huom. koskee myös heräämöjä) raskauden ajaksi, mikäli työpisteen kaasupäästöt ylittävät annetut enimmäispitoisuusrajat. Anestesiakaasujen pitoisuusmittauksia kannattaa tehdä säännöllisin väliajoin kaasunpoistosysteemien toimivuuden tarkistamiseksi. On myös hyvä miettiä, eikö iv-induktio lopultakin olisi helpompi ja myös henkilökunnan kannalta turvallisempi anestesian aloitus vastaan taisteleville, levottomille pikku riiviöille.

Kiitos

Lämpimät kiitokset TYKS:n työterveyslääkäri May Kevinille hänen avustaan tietojen keruussa.

Kirjallisuutta

1. Guirguis SS, Pelmeur PL, Roy ML, Wong L. Health effects associated with exposure to anesthetic gases in Ontario hospital personnel. *Br J Ind Med* 1990; 47: 490-497.
2. Hemminki K et al. Spontaneous abortions and malformations in the offspring of nurses exposed to anesthetic gases, cytostatic drugs and other potential hazards in hospitals, based on registered information of outcome. *J Epidemiol Comm Health* 1985; 39: 141-147.
3. Rowland A et al. Reduced fertility among women employed as dental assistants exposed to high levels of nitrous oxide. *N Engl J Med* 1992; 327: 993-997.
4. Rowland et al. Nitrous oxide and spontaneous abortion in female dental assistants. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 531-538.
5. Rantala K, Taskinen H, Rantanen S, Lindbohm M-L. Anestesiakaasut ja raskaana oleva työntekijä. *Suomen Lääkärilehti* 1993; 48: 667-671.
6. Hoerauf K, Funk W, Harth M, Hobbhahn J. Occupational exposure to sevoflurane, halothane and nitrous oxide during paediatric anaesthesia. *Anaesthesia* 1997; 52: 215-219.
7. Hoerauf KH, Wallner T, Akca O, et al. Exposure to sevoflurane and nitrous oxide during four different methods of anesthetic induction. *Anaesth Analg* 1999; 88: 925-929.
8. Hoerauf KH, Koler C, Taeger K, Hobbhahn J. Occupational exposure to sevoflurane and nitrous oxide in operating room personnel. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 69: 134-138.
9. Westphal et al. Arbeitsplatzbelastung durch Sevofluran. Konzentrationmessungen während Bronchoskopien bei Kindern. *Der Anaesthesist* 1997; 46: 677-682.
10. Davenport HT et al. Occupational exposure to anesthetics in 20 hospitals. *Anesthesia* 1980; 35: 354-359.
11. Hoerauf K et al. Lachgasexposition des Aufwachraumpersonal unter moderner Klimatechnik. *Der Anaesthesist* 1995; 44: 590-594.
12. Christiansen V, Kulmala I, Niemeläinen M. Anestesiakaasut lastensairaalan leikkaussalissa ja heräämössä ja niidenhallinta. Julkinen raportti 1999. VTT Automaatio.

Tuula Manner, LKT, anest. el.
TYKS, Anestesiologian ja tehohoidon yksikkö