



### Timo Kaakinen

LT, erikoislääkäri, sydänanestesian lisäkoulutus  
Lapin keskussairaala ja Oulun yliopistollinen sairaala  
timo.kaakinen[a]fimnet.fi

Tämä artikkeli on kirje toimitukselle liittyen artikkeliin Niemi-Murola L ja Aronen M. *Pulmonaalihypertensiopotilas – käsiteltävä varoen*. *Finnanest* 2015; 48: 28-34.

# KEUHKOVALTIMOKATETRI – hyvä verenkierron monitorointitapa osaavissa käsissä

Keuhkovaltimokatettrin käyttö tulee aina olla perusteltua, koska sen harkitsemattomaan käyttöön liittyy kiistatta ongelmia ja komplikaatioita.

**K**iitän dosentti Niemi-Murolaa ja LKT Arosta mielenkiintoisesta ja asiantuntevasta artikkelista ”Pulmonaalihypertensiopotilas – käsiteltävä varoen” (1). Erinomaista, että *Finnanest* julkaisee tiiviin katsauksen tästä hyvin haastavasta potilasryhmästä.

Artikkelin lopussa olevassa kirjoittajien suosituksessa ”Miten hoidan PH-potilaan anestesian?” käsitellään hyvin lyhyesti monitorointia. Kirjoittajat suosittelivat arteriakanyylin, keskuskimokatettrin ja sydämen ultraäänien käyttöä. Sydämen ultraäänellä kirjoittajat tarkoittavat joko transtorakaalista tai transesofagiaalista ultraääntä (TTE ja TEE). He suosittelivat tarkkaa harkintaa

keuhkovaltimokatettrin käytön suhteen ja viittaavat tämän suhteen tuoreeseen katsausartikkeliin (2), joka puolestaan viittaa toiseen artikkeliin (3), josta kerron enemmän alla. Niemi-Murolan ja Arosen artikkelista voi saada jopa kuvan, että pulmonaalihypertensio- eli PH-potilaiden anestesiaa ja tehohoitoa voisi suositusten perusteella monitoroida ilman keuhkovaltimokatettrin käyttöä.

Keuhkovaltimokatettrin käyttö tulee aina olla perusteltua, koska sen harkitsemattomaan käyttöön liittyy kiistatta ongelmia ja komplikaatioita. ASA:n (*American Society of Anesthesiologists*) suositukset ja mahdolliset indikaatiot keuhkovaltimokatettrin käytölle on listattu taulukossa 1. Kontraindikaatioita keuhkovaltimokatettrin käytölle

**Taulukko 1. ASA:n suositukset ja mahdolliset käyttöaiheet keuhkovaltimokatetrin käytölle. American Society of Anesthesiologists: Practice guidelines for pulmonary artery catheterization. Anesthesiology 2003; 99, 988-1014.**

**Suosituks**

Käytön pitää perustua yksilölliseen arvioon ottaen huomioon toimenpiteeseen, potilaaseen ja hoitokäytäntöihin liittyvät tekijät

- Keuhkovaltimokatetrin käyttö tulee kyseeseen,
- jos potilaalla on vakava elintoimintahäiriö tai merkittävä perussairaus, joka altistaa hänet merkittäville hemodynaamisille ongelmille (esim ASA 4-5)
  - jos kirurgiseen toimenpiteeseen liittyy merkittävä nestetasapainon häiriön, verenvuodon tai hemodynaamisten ongelmien riski
  - jos kirurgiseen toimenpiteeseen liittyy merkittävää kuolleisuutta ja sairastuvuutta

Keuhkovaltimokatetrin käyttöä tulee välttää, jos sen asettava tai sitä käyttävä henkilökunta ei ole riittävästi perehtynyt katetrin asettamiseen, käyttöön ja tulkintaan

Rutiininomainen keuhkovaltimokatetrin käyttö ei ole suositeltavaa, kun hemodynaamisten ongelmien riski on vähäinen tai kohtalainen

**Mahdolliset käyttöaiheet**

Isot toimenpiteet, joihin liittyy merkittävä nestetasapainon häiriön, verenvuodon tai hemodynaamisten ongelmien riski

- oikean kammion vajaatoiminta
- pulmonaalihypertensio
- vaikea, hoitoon reagoimaton vasemman kammion vajaatoiminta
- kardiogeeninen sokki, etenkin jos elintoimintahäiriöiden kuva
- septinen sokki, etenkin jos elintoimintahäiriöiden kuva
- verenkiertovajaus, johon liittyy merkittävä vasoaktiivisten lääkkeiden tarve
- aortan vastapulsattorin käyttö (IABP)
- aorttakirurgia, johon liittyy aortan suprarenaalinen pihditys
- maksan siirto
- sydämen siirto

on kuvattu taulukossa 2. Keuhkovaltimokatetrin käyttöön liittyviä mahdollisia komplikaatioita on esitetty taulukossa 3.

**Keuhkovaltimokatetri – hyödyksi vai haitaksi?**

Keuhkovaltimokatetrin hyödyistä ja haitoista on käyty keskustelua jo 1990-luvun lopulta asti, kun Connors ja kumppanit julkaisivat laajan, etenevän kohorttitutkimuksen, joka sisälsi 5 735:n kriittisesti sairaan potilaan aineiston. Keuhkovaltimokatetrin käyttöön liittyi lisääntynyt kuolleisuus ja kohonneet kustannukset (4). Tämä tutkimus muiden ohessa on johtanut keuhkovaltimokatetrin

käytön merkittävään vähenemiseen ympäri maailman, myös Suomessa.

Sandham kumppaneineen julkaisivat vuonna 2003 New England Journal of Medicine -lehdessä satunnaistetun, kontrolloidun tutkimuksen keuhkovaltimokatetrin käytöstä korkean riskin potilailta raskaan kirurgian yhteydessä (3). Tutkimuksessa 1 994 potilasta satunnaistettiin joko tavoiteohjattuun hoitoon keuhkovaltimokatetria käyttäen tai tavanomaiseen hoitoon ilman keuhkovaltimokatetria. Kuolleisuudessa ja hoitoajoissa ei ollut eroja ryhmien välillä. Kahdeksan potilasta keuhkovaltimokatetriyhmässä sai keuhkoembolian, kun taas kukaan tavanomaisesti hoidettu potilas ei saanut keuhkoemboliaa. Ero oli tilastollisesti merkitsevä.

**TEE:n käyttöä rajoittaa runsas koulutuksen ja kokemuksen tarve.**

>>

**Taulukko 2. Keuhkovaltimokatetrin käytön absoluuttiset ja relatiiviset kontraindikaatiot. Mukailtu lähteestä: Reich DL, ym. Monitoring of the Heart and Vascular System. Kirjassa: Kaplan JA, Reich DL, Savino JS, toim. Kaplan's Cardiac Anesthesia. St. Louis, Missouri, USA: Elsevier Saunders 2011. 416-51.**

#### Absoluuttiset kontraindikaatiot

- Trikuspidaaliläpän stenoosi
- Pulmonaaliläpän stenoosi
- Oikean eteisen tai kammion kasvain tai muu merkittävä massa
- Synnynnäinen korjaamaton tai korjattu sydänvika, jonka seurauksena katetrin uittaminen vaikeaa tai mahdotonta
- Fallotin tetralogia (syanoottisen kohtauksen riski suuri)

#### Relatiiviset kontraindikaatiot

- Vakavat rytmihäiriöt
- Vasen haarakatkos
- Koagulopatia
- Vasta asetettu sydämen tahdistin (4-6 viikkoa)
- Merkittävä trikuspidaaliläpän vuoto (vaikea asettaminen, virheelliset mittaukset)

Keuhkovaltimokatetriryhmässä hieman pienempi osa sai tromboosiprofylaksialääkitystä, mutta ero oli kliinisesti merkityksetön, vaikkakin tilastollisesti merkitsevä. Muita keuhkovaltimokateetriperäisiä komplikaatioita raportoitiin vain muutama, kun yhdellä potilaalla todettiin keuhkoinfarkti ja kolme potilasta sai keuhkoihinsa verenvuodon keuhkovaltimon repeämän seurauksena. Molemmissa ryhmissä oli potilaita, jotka saivat erilaisia komplikaatioita sentraalisen kanylaation seurauksena.

Vuonna 2013 julkaistussa meta-analyysissä (5 688 kriittisesti sairasta potilasta teho-osastolla, 13 tutkimusta), ei myöskään havaittu eroja kuolleisuudessa, hoitoajoissa eikä kustannuksissa (5). Tässä meta-analyysissä ei arvioitu tarkemmin harvinaisia komplikaatioita.

Sandhamin ja kumppaneiden tutkimuksessa käytettiin seuraavia tavoitteita keuhkovaltimokateetrillä hoidettujen potilaiden suhteen: sydämen minuuttitulavuuden indeksi (*cardiac index*, CI) 3,5-4,5 L/min/m<sup>2</sup>, kiilapaine >18 mmHg ja *oxygen delivery index* 550-600 ml/min/m<sup>2</sup>. Sekoitettun laskimoveren happisaturaatitavoitteita (SvO<sub>2</sub>) ei mainittu, vaikka keuhkovaltimokatetrin avulla saadaan nämä arvot helposti, jopa jatkuvalla mittauksella. Yllä mainitut tavoitearvot ovat ns. supranormaaleja ja hyvin moni klinikko varmasti tyytyisi vähempiin arvoihin. Tavanomaiset tavoitteet keuhkovaltimokateetriohjatussa hoidossa ovat yksilöllisiä. Usein maltillisemmat CI-arvot (2,0-2,4 L/min/m<sup>2</sup>) ovat täysin riittäviä, varsinkin jos samanaikaisesti sekoitetun laskimoveren happisaturaatio on normaalialueella (>60-65 %). Kiilapaineen käyttö ainoana vasemman kammion

esikuormituksen mittarina on kyseenalaista, mutta tavallisina tavoitearvoina pidetään 8-12 mmHg (ei merkittävää vasemman kammion diastolista vajaatoimintaa) tai 12-16 mmHg (merkittävä vasemman kammion diastolinen vajaatoiminta). Supranormaaleiden tavoitearvojen tavoittelu johtaa runsaaseen nesteytykseen ja merkittävään vasoaktiivisten lääkkeiden käyttöön, joista varsinkin ylinesteytys on haitallista (6,7). Vasoaktiivisten lääkkeiden, kuten dobutamiinin ja levosimendaanin, tarpeeton käyttö voi johtaa komplikaatioihin, kuten rytmihäiriöihin, ja kustannusten kasvuun. Näin ollen voidaan varovasti todeta, että Sandhamin tutkimuksessa ei valitettavasti arvioitu tavanomaisella tavalla toteutettua keuhkovaltimokateetriohjattua hoitoa.

#### Täyttöpaineet, keuhkovaltimokateetri ja TEE/TTE

Keuhkovaltimokatetrin avulla monitoroituja sydämen lokeroiden täyttöpaineita (CVP, pCWP ja diastolinen keuhkovaltimopaine) ei voida pitää luotettavina arvioina vasemman kammion loppudiasistolisesta paineesta (LVEDP). Erityisesti CVP:n käytöstä nestehoidon ohjauksessa tulisi luopua, vaikka se on edelleen mainittu muun muassa sepsiksen hoitosuosituksissa (8,9). Keuhkovaltimokatetrin kärjen väärä paikka (muualla kuin Westin 3. vyöhykkeellä), keuhkovaltimokierros sairaudet, COPD, eteisten sairaudet, korkeat hengitystiepaineet, korkea PEEP, sydänlihasiskemia, kammioiden hypertrofia ja mitraaliläpän sairaudet johtavat virheellisiin mittaustuloksiin (10). Täyttöpaineiden seuranta ei myöskään ennusta luotettavasti vastetta nestetäytölle (8,10). Sydämen riittävän täytön (*preload*) arvioimista hankaloittaa entisestään se, että täyttöpaineiden korrelaatio ultraäänellä mitattuihin kammioiden loppudias-tolen aikaisiin tilavuuksiin on huono (11). TEE on

**Termodiluutio on edelleen helppo, varsin luotettava ja helposti toistettavissa oleva tapa mitata sydämen minuuttitulavuutta.**

**Taulukko 3. Keuhkovaltimokatetrin käyttöön liittyviä mahdollisia komplikaatioita. Mukailtu lähteestä: Reich DL, ym. Monitoring of the Heart and Vascular System. Kirjassa: Kaplan JA, Reich DL, Savino JS, toim. Kaplan's Cardiac Anesthesia. St. Louis, Missouri, USA: Elsevier Saunders 2011. 416-51.**

- Rytmihäiriöt (yleensä itsestään rajoittuvia)
- Totaaliblokki (LBBB voi altistaa)
- Keuhkovaltimon repeämä
- Keuhkoinfarkti
- Katetrin juuttuminen (esim. solmun muodostuminen läppärakenteen ympärille, kirurginen ommel kiinni katetrissa)
- Oikean kammion perforaatio
- Katetrin antaman tiedon väärä tulkinta
- Sydämen läpän vaurioituminen
- Endokardiitti
- Trombosytopenia
- Keuhkoembolia
- Trombin muodostuminen katetrin ympärille
- Katetrin ajautuminen sydämen vasemmalle puolelle
- Katetrin pallon repeämä

huomattavasti käyttökelpoisempi tässä tarkoituksessa. TEE:n käyttöä kuitenkin rajoittaa runsas koulutuksen ja kokemuksen tarve. Mittaukset eivät myöskään ole reaaliaikaisia ja tulokset voivat vaihdella merkittävästi käyttäjistä riippuen. TTE ei yleensä tule kysymykseen leikkaussaliolosuhteissa käytännön syistä, mutta esimerkiksi teho-osastolla tai jälkivalvontayksikössä se on hyvin käyttökelpoinen menetelmä.

### Sydämen minuuttitulavuus ja SvO<sub>2</sub>

Keuhkovaltimokatetrin hyötyihin ja haittoihin liittyvässä keskustelussa unohdetaan usein, että termidiluutio on edelleen helppo, varsin luotettava ja helposti toistettavissa oleva tapa mitata sydämen minuuttitulavuutta (10,12). Sydämen ultraäänitutkimuksen avulla voi myös mitata sydämen minuuttitulavuutta, mutta sen käyttö vaatii käytännössä aina kokeneen lääkärin ja riittävästi aikaa. Silti arvot voivat vaihdella huomattavasti eri mittaajien välillä. Uudet valtimopainekäyrää hyödyntävät, mini-invasiiviset sydämen minuuttitulavuutta mittaavat menetelmät (esimerkiksi Vigileo, LiDCO, PiCCO) ovat lupaavia, mutta niiden käyttöön liittyy merkittäviä rajoitteita ja virhelähteitä. Keuhkovaltimokatetrin avulla saadaan mitattua keuhkovaltimosta SvO<sub>2</sub>, joko yksittäisin mittauksin tai jatkuvalla mittauksella. Kun hapen kulutus pysyy tasaisena, SvO<sub>2</sub> korreloi CI:n kanssa. Korrelaatio on huonompi, kun hapenkulutus vaihtelee, kuten lihasvärinän ja levottomuuden yhteydessä (8). SvO<sub>2</sub>:n korvaajana on käytetty keskuslaskimokatetrin saatavaa ScvO<sub>2</sub>-mittausta eli keskuslaskimon happisaturaatiota, mutta tähän mittaukseen liittyy lukuisia virhelähteitä (13). On epäselvää, onko jatkuvasta SvO<sub>2</sub>:n mittauksesta todellista hyötyä, mutta jatkuvaan mittaukseen liittyy korkeammat kustannukset kuin normaalien keuhkovaltimokatetrin käyttöön (14).

Keuhkovaltimokatetrin käyttöön perustuva, tavoiteohjattu verenkierron seuranta on usein kokeneen anestesia- tai tehohoitajan toteutettavissa, kun keuhkovaltimokatetrin käyttöön perehtynyt anestesia lääkäri on helposti konsultoitavissa.

### Keuhkovaltimokatetri ja PH-potilas

PH-potilaiden kohdalla keuhkovaltimokatetrin käytön puolesta tai vastaan ei ole näyttöä (2). Näiden potilaiden kohdalla tulee muistaa, että täyttöpainet eivät kerro juuri mitään sydämen oikean ja vasemman puolen todellisesta täytöstä. Sen sijaan sydämen minuuttitulavuuden ja keuhkovaltimopaineiden monitorointi on merkittävä lisähyöty myös PH-potilaan hoidossa. Esimerkiksi keuhkovaltimopainetta laskevan lääkkeen vastetta voi seurata reaaliaikaisesti mittaamalla toistetusti CI-arvoja ja seuraamalla keuhkovaltimopaineiden trendiä. Potilaan tilan huononemisen tunnistamiseen ei aina tarvita sydämen ultraäänitutkimukseen kykenevää lääkärää. Näitä reaaliaikaisia, yksittäisten potilaiden kohdalla merkittäviä hyötyjä on hyvin hankala todentaa satunnaistetuissa, kontrolloiduissa tutkimuksissa. Mielestäni keuhkovaltimokatetrin käyttö on erittäin perusteltua nimenomaan PH-potilaiden kohdalla, ja sen poisjättäminen pitää pystyä perustelemaan hyvin tarkkaan. Tällöin täytyy olla käytössä sydämen ultraäänitutkimus ja sen käyttöön syvällisesti perehtynyt kollega. Hänkään ei pysty monitoroimaan potilasta ympäri vuorokauden välittömässä postoperatiivisessa vaiheessa, jolloin keuhkovaltimokatetrin arvo on parhaimmillaan.

**Sydämen minuuttitulavuuden ja keuhkovaltimopaineiden monitorointi on merkittävä lisähyöty myös PH-potilaan hoidossa.**

>>

## Lopuksi

Keuhkovaltimokatetrin käytön tulisi perustua vankkaan tietoon ja kokemukseen. Se on vain monitorointimenetelmä eikä hoitomuoto. Sen käyttö ei näytä huonontavan potilaan ennustetta eikä lisää hoidon kestoa ja kustannuksia. On myös muistettava, että TEE:n ja keuhkovaltimokatetrin avulla hankittu tieto voidaan yhdistää, mikä lienee yleinen käytäntö esimerkiksi sydänkirurgian yhteydessä. CI:n ja muut parametrit voi mitata nopeasti ja helposti keuhkovaltimokatetrilla ja samalla voi tutkia sydämen toimintaa tarkemmin TEE:lla. Monitorointilaitteet eivät sulje

**TEE:n ja keuhkovaltimokatetrin avulla hankittu tieto voidaan yhdistää.**

toisiaan pois. Kun potilaan kriittinen tila väistyy, keuhkovaltimokatetrin tulee nopeasti tarpeeton ja se tulee poistaa, jotta potilasta ei altisteta tromboembolisille ja muille komplikaatioille. Verenkierron monitoroinnin keinoja, haasteita ja ongelmia on kuvattu monissa oppikirjoissa ja laadukkaissa katsausartikkeleissa, joista allekirjoittanut nostaa tässä yhteydessä esiin Jean-Louis Vincentin ja kumppaneiden katsauksen vuodelta 2011, kannattaa lukea (13). Tiedon puute ei saisi olla esteenä tämän mainion monitorointimenetelmän käytölle. ■

## Viitteet

1. Niemi-Murola L ja Aronen M. Pulmonaalihypertensiopotilas – käsiteltävä varoen. *Finnanest* 2015; 48: 28-34.
2. Pilkington SA, Taboada D, Martinez G. Pulmonary hypertension and its management in patients undergoing non-cardiac surgery. *Anesthesia* 2015; 70: 56-70.
3. Sandham JD, Hull RD, Brant RF, ym. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *NEJM* 2003; 348: 5-14.
4. Connors AF, Speroff T, Dawson NV, ym. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. *SUPPORT Investigators. JAMA* 1996; 276: 889-97.
5. Rajaram SS, Desai NK, Kalra A, ym. Pulmonary artery catheters for adult patients in intensive care. *Cochrane Database Syst Rev* 2013 Feb 28;2:CD003408.
6. Vaara ST, Korhonen AM, Kaukonen KM, ym. Fluid overload is associated with an increased risk for 90-day mortality in critically ill patients with renal replacement therapy: data from the prospective FINNAKI study. *Crit Care* 2012; 16: R197.
7. Marik PE. Iatrogenic salt water drowning and the hazards of a high central venous pressure. *Ann Intensive Care* 2014; 4: 21.
8. Marik PE, Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Crit Care Med* 2013; 41: 1774-81.
9. Sepsis (aikuiset). Käypä hoito -suositus. 2.1.2014. *Duodecim*.
10. Reich DL, ym. Monitoring of the Heart and Vascular System. Kirjassa: Kaplan JA, Reich DL, Savino JS, toim. *Kaplan's Cardiac Anesthesia*. St. Louis, Missouri, USA: Elsevier Saunders 2011. 416-51.
11. Kahn RA, ym. Intraoperative Transesophageal Echocardiography. Kirjassa: Kaplan JA, Reich DL, Savino JS, toim. *Kaplan's Cardiac Anesthesia*. St. Louis, Missouri, USA: Elsevier Saunders 2011. 315-82.
12. Stetz CW, Miller RG, Kelly GE, Raffin TA. Reliability of the thermodilution method in the determination of cardiac output in clinical practice. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126: 1001.
13. Vincent JL, Rhodes A, Perel A, ym. Clinical review: Update on hemodynamic monitoring--a consensus of 16. *Crit Care* 2011; 15: 229.
14. London MJ, Moritz TE, Henderson WG, ym. Standard versus fiberoptic pulmonary artery catheterization for cardiac surgery in the Department of Veterans Affairs: A prospective, observational, multicenter analysis. *Anesthesiology* 2002; 96: 860-70.