

Verityhjiön vaikutukset anestesiologin näkökulmasta

Niina Hekkala

Verityhjiö parantaa leikkausolosuhteita ylä- ja alaraajaleikkauksissa vähentämällä verenvuotoa leikkauksen aikana. Tällöin leikkaukseen kuluva aika lyhenee etenkin yläraajan kohdistuvissa toimenpiteissä. Lisäksi verityhjiötä käytetään laskimopuudutuksen yhteydessä, jossa verityhjiöllä estetään puuduteaineen pääsy systeemiverenkiertoon. Verityhjiö on kuitenkin epäfysiologinen ja sen käyttöön liittyy runsaasti paikallisia ja yleisiä haittavaikutuksia, joista anestesiologin ja kirurgin tulisi olla tietoisia.

Verityhjiön käyttösuosituksia

Verityhjiön käytöstä on hyötyä useissa leikkauksissa, mutta sen käyttö ei ole aina välttämätöntä. Tämän vuoksi on punnittava verettömästä leikkausalueesta saatava hyöty verrattuna verityhjiön aiheuttamiin haittoihin, jotka saattavat pahimmillaan olla fataaleja. Esim. polven artroskopia ja protetisointi voidaan suorittaa menestyksekkäästi ilman verityhjiötä.

Verityhjiösystemiin kuuluvat paineilmalaitte, mansetti, monitori ja yhdistäjät. Verityhjiömansetti täytetään paineilmalla haluttuun paineeseen, joka riittää estämään verenvirtauksen suonissa. Ennen käyttöä tarkistetaan systeemin pitävyys. Tahaton paineen laukeaminen voi johtua huonosti kiinnitetystä yhdistimestä, sulkuhanavuodoista, mansettivuodosta tai kulumisesta. Mansetin pituus ja leveys valitaan potilaan raajan koon ja muodon mukaan. Leveämpi mansetti estää verenvirtauksen matalammilla paineilla. Sopiva leveys on noin 7,5–15 cm. Mansetin alle kierretään pehmustesidos, joka suojaa ihoa kovan kalvosimen aiheuttamilta mahdollisilta painevaurioilta. Verisuonten tyhjentämiseen käytetään elastista sidosta (Esmarchin sidos), tai raajaa pidetään kohoasennossa parin minuutin ajan. Riittävän hyvä verisuonten tyhjentäminen vähentää verityhjiöön liittyvää kipua. Esmarchin sidosta ei tule käyttää traumaattisten vammojen yhteydessä emboliariskin vuoksi. Verisuonten tyhjentäminen suoritetaan

ainoastaan raajaa kohottamalla, jos raajassa on infektio, kivulias murtuma tai pahanlaatuinen kasvain. Verityhjiön käyttö on vasta-aiheinen, jos potilaalla on verisuonitauti, lihassairaus, koagulaatiohäiriö, neuropatia, vaikea reuma tai huono ääreisverenkierto. Kakektisia potilaita hoidettaessa verityhjiötä on käytettävä varoen. Mansetti täytetään nopeasti, jotta valtimot ja laskimot tukkeutuvat mahdollisimman yhtäaikaaisesti.

On suositeltavaa käyttää matalimpia mahdollisia paineita, joilla verenkierto saadaan estettyä. Mansettiin valitaan paine potilaan iän, systolisen verenpaineen ja raajan ympärysmittan perusteella. Ideaalista painetta ei ole kyetty määrittämään, mutta aikuisilla suositellaan esim. alaraajan alueella 100–150 mmHg:n painetta yli systolisen painetason ja yläraajan alueella esim. 50–75 mmHg yli systolisen painetason. Lapsilla suositellaan verityhjiöpaineeksi 100 mmHg yli systolisen painetason. Painetta monitoroidaan jatkuvasti.

Verityhjiöaika rajoitetaan mahdollisimman lyhyeksi, vaikka tarkkaa turvallista verityhjiöaikaa ei ole kyetty määrittämään. Tämä riippuu potilaan iästä ja kliinisestä statuksesta. Suositusten mukaan verityhjiöaika tulisi rajoittaa yläraajan alueella yhteen tuntiin ja alaraajassa 1,5–2 tuntiin. Molemmipuolinen verityhjiö laukaistaan 30–45 min välein estämään happamien metaboliatuotteiden pääsy yhtä aikaa molemmista raajoista verenkiertoon. Laskimo-

puudutuksen yhteydessä on vaarana paikallispuudutteen joutuminen verenkiertoon, jos mansetti laukeaa tai laukaistaan liian aikaisin puudutusaineen ruiskuttamisen jälkeen. Toksisten reaktioiden välttämiseksi puristusta ylläpidetään ainakin 20 min puudutteen ruiskuttamisen jälkeen. Lyhyen toimenpiteen jälkeen voidaan mansetin tyhjentäminen tehdä asteittain.

Verityhjiön aiheuttamat metaboliset muutokset ja niihin liittyvät komplikaatiot

Verityhjiön käyttö aiheuttaa raajaan iskeemisen tilanteen, johon liittyy lihaksen iskemia ja reperfuusioaurio. Solunsisäinen asidoosi ($\text{pH} < 7,35$), muodostuu 30–60 minuutin kuluessa verityhjiön täyttämistä. Asidoosi johtuu myoglobiinin, solunsisäisten entsyymien ja kaliumin vapautumisesta. Verityhjiömansetin laukaisun jälkeen raajan reperfuusio kuljettaa happamat metaboliatuotteet systeemiverenkiertoon. Iskeemisten metaboliatuotteiden ja asidoosin aiheuttamat vaikutukset voivat johtaa respiratorisiin komplikaatioihin. Potilaat, jotka ovat asidoottisia perussairaudesta johtuen, voivat saada kliinisesti merkittävän asidoosin pitkittyneen verityhjiöajan tai kahden verityhjiön samanaikainen laukaisun vuoksi.

Lihaksista vapautuvan myoglobiinin saostuminen munuaistubuluksiin voi johtaa rhabdomyolyysiin. Rhabdomyolyysi onkin verityhjiön käyttöön liittyvä harvinainen, mutta vakava komplikaatio. Kirjallisuudessa on kuvattu muutamia tapausselostuksia noin 20–30 vuoden ajalta. Mikäli hyväksyttävä verityhjiöaika (2 h) joudutaan ylittämään, on varauduttava rhabdomyolyysin esiintymiseen ja sen estämiseen. Esim. ennen verityhjiön laukaisua voidaan antaa bikarbonaatti-infuusio, ja tarvittaessa aloitetaan tehostettu nesteytys ja alkaalinen diureesi. Seerumin Ck-pitoisuutta seurataan postoperatiivisesti. Toimenpiteen jälkeen palpoidaan raajan lihakset aitiopainesyndrooman varalta.

Reperfuusion jälkeen laskimoveren saturaatio saattaa pudota 20 % 30–60 sekunnissa, ja valtimoveren hiilidioksidin pitoisuus nousee yleisanestesiassa olevilla potilailla, mikäli hengitysfrekvenssiä ei nosteta. Yleistä hypoksiaa ei kuitenkaan kehity, sillä valtimopuolen happiosapaine pysyy normaalina ellei potilaalla ole merkittävää pulmonaarista oikovirtausta. Hiilidioksidipitoisuuden nousu on otettava huomioon kun hoidetaan potilaita, joilla on vaikea kalloamma. Seerumin kalium nousee 5–10 %. Hyperkalemia voi johtaa kammiovärinäin.

Metabolisten muutosten (esim. reisilaskimon laktaatin pitoisuus) suuruus korreloi verityhjiöaikaan. Anestesiamuodolla on tärkeä merkitys verityhjiöstä johtuvien metabolisten muutosten korjautumisessa. Yleisanestesiassa olevat potilaat eivät mekaanisesta ventilaatiosta johtuen kykene kompensoimaan metabolisten kuormaa. Epiduraali- tai spinaalianestesiassa potilaat kompensoivat muutokset lisäämällä hengitysfrekvenssiä, ja pH-muutoksen suuruuteen vaikuttaakin enemmän hengitysfrekvenssi kuin iskemian kesto.

Lihaksen metabolinen toipuminen reperfuusion jälkeen kestää noin tunnin. Hapen puutteen kestänyt yli 3 tuntia kasvaa riski lihaksen metabolian ja toiminnan epätäydelliseen palautumiseen. Lihavaurion todennäköisyys on myös suurempi mitä distaalidemmin verityhjiö sijaitsee. Raaja menettää myös lämpöä verityhjiöajan kasvaessa ja reperfuusion jälkeen ydinlämpö laskee noin 0,7 astetta.

Verityhjiön käyttöön liittyvät paikalliset muutokset ja komplikaatiot

Mekaaninen puristus voi vaurioittaa verityhjiön alla olevia lihaksia ja ihoa sekä verisuonia ja hermoja. Puristus voi aiheuttaa jopa suuremman vaurion kuin iskemia. Puristusta voi seurata kudosten postoperatiivinen turpoaminen, lihasvoiman viivästynyt palautuminen, verisuonten vaurioituminen, kudosnekroosi, aitiopainesyndrooma ja hermovaurio. Kudosten turpoaminen saattaa vaikeuttaa esim. nilkan haavojen sulkemista. Verisuonet vaurioituvat herkemmin jos suonen seinämissä on kalkkeumia. Esmarchin sidoksen käyttö laskimoiden tyhjentämisessä aktivoi trombosyyttejä. Lisäksi endoteelin rikkoutuminen vapauttaa tromboksaania. Valtimospasmi, venatromboosia ja hermovauriota esiintyy useita tunteja verityhjiön käytön jälkeen.

Neurologisia ongelmia ilmaantuu pitkän verityhjiöajan (> 2 tuntia) jälkeen ja käytettäessä korkeita verityhjiöpaineita. Hermovaurio syntyy aksonin hapen puutteesta tai mekaanisen puristuksen aiheuttamasta hermon venymisestä. Hermojen johtonopeudet laskevat jo 30 minuutin verityhjiöajan jälkeen. Hermovaurion oireena esiintyy mm. hyperalgesiaa, allodyniaa ja pareeseja.

Verityhjiö aiheuttaa ikävän jomottavan ja polttavan kiputuntemuksen raajaan. Kipu kasvaa verityhjiöajan pidentyessä riippumatta muutoin hyvästä paikallisesta anestesiasta. Verityhjiön aiheuttama kipu rajoittaa laskimopuudutuksen käyttöä ja sen hoito iv. kipulääkkeillä voi olla vaikeaa.

Verityhjiön käyttöön liittyvä keuhkoembolia

Verityhjiön käyttö saattaa johtaa myös massiiviin keuhkoemboliaan. Verityhjiön käyttöön on raportoitu liittyvän fataaleja keuhkoembolioita käytettäessä Esmarchin sidosta traumapotilaiden hoidossa. Mikäli potilaalla on trombi jalassa, saattaa verityhjiön aiheuttama laskimovirtauksen kiihtyminen puristaa trombin verenkiertoon. Kirjallisuudessa raportoidussa tapauksessa päivystyspotilaan keuhkoembolia ilmaantui heti verityhjiön asettamisen jälkeen, ja sydänpysähdys seurasi niin nopeasti, että trombolyyttiseen hoitoon ei ollut mahdollisuutta.

Eräs merkittävä yhteistekijä keuhkoembolian ilmaantumislle raportoiduissa tapauksissa oli myös leikkauksen viivästyminen. Lisäksi on kuvattu ainakin yksi tapaus, jossa fataali keuhkoembolia syntyi Esmarchin sidoksen ja verityhjiön käytön yhteydessä elektiivisessä polviproteesileikkauksessa.

Elektiivisissä tapauksissa tulisi selvittää ennen verityhjiön käyttöä potilaan preoperatiivinen kardiovaskulaarinen tilanne ja yli 50-vuotiailla muut syvän laskimotukoksen riskitekijät (suuri leikkaus, tupakointi, ylipaino, rytmihäiriöt). Kaikki fataalin keuhkoembolian saaneet potilaat olivat yli 50-vuotiaita. On myös raportoitu tapauksia, joissa keuhkoembolia liittyi ainoastaan verityhjiömansettiin ilman Esmarchin sidosta. Tuolloin embolia ilmaantui verityhjiön laukaisun jälkeen.

Verityhjiön aiheuttamat hemodynaamiset muutokset

Verivolyymin muutokset (liittyen verisuonten tyhjentämiseen) ja äkillinen perifeerisen resistenssin lasku (verityhjiön laukaisu) yhdistettynä verenvuotoon voi johtaa vakaviin hemodynaamisiin komplikaatioihin. Verityhjiötä asetettaessa laskimoveren tyhjentäminen suonista ja verityhjiöpaine nostavat laskimopuolen verivolyyomia ja perifeeristä verisuonivastusta, joten keskuslaskimopaine ja valtimopaine nousevat. Mikäli potilaan vasemman kammion kontraktiliteetti on huono, saattaa keuhkovaltimopaine nousta huomattavasti. Yleisanestesiassa oleville potilaille kehittyä hypertensio 45–60 minuuttia verityhjiöpaineen asettamisen jälkeen. Tämä johtuu todennäköisesti hermon ja/tai lihaksiston kriittisestä iskemiasta ja verityhjiömansetin aiheuttamasta kiputunteuksesta. Anestesiaa syventämällä ei aina onnistuta laskemaan verenpainetta, vaan joskus tarvitaan vasodilataattoreita. Pulsstiasoon vaikuttavia tekijöitä ei täysin tunneta, mutta aneste-

sia-aineiden vaikutuksilla sydämeen ja fysiologisiin kardiovaskulaarisiin reflekseihin on selitetty sitä, että syke ei nouse verityhjiöajan kasvaessa vaikka verenpaine nousee.

Verityhjiömansetin tyhjentämisen jälkeen keskuslaskimopaine ja verenpaine yleensä laskevat. Tämä johtuu todennäköisesti iskemian jälkeisestä reaktiivisesta vasodilataatiosta ja iskeemiseltä alueelta peräisin olevien aineenvaihduntatuotteiden kulkemiseneste systeemikiertoon. Potilaiden, joilla on huonot kardiovaskulaariset kompensatioreservit, verenpaine voi laskea voimakkaasti pitkän verityhjiöajan jälkeen. Riittävästä täytöstä on siten huolehdittava. Epiduraalisen anestesian yhteydessä verenpaineen lasku voi kestää kauemmin sympaattisesta blokadista johtuen.

Lopuksi

Verityhjiön käyttöön liittyy siis monia haittavaikutuksia. Liian korkeat painetasot aiheuttavat kipua ja kompressiovaurioita verisuoniin, hermoihin, lihaksiin tai ihoon. Liian matala verityhjiöpaine johtaa liialliseen leikkausalueen verekkyyteen, raajan kongestioon tai verenpurkauman infiltraatioon hermoon. Liian pitkä verityhjiöaika johtaa hyperemiaan, lihaskourutukseen, iskeemiseen vaurioon ja raajan paralyysiin. Mansetin huono asentaminen saa aikaan venakongestiota, mustelmia, ihon rakkulointia, nipistelyä ja voi johtaa ihonekroosiin.

Komplikaatioiden estämiseksi potilas tutkitaan huolella etukäteen ja arvioidaan verityhjiön käyttöön liittyvät riskit kunkin potilaan kohdalla. Mansetti valitaan potilaskohtaisesti ja se asetetaan huolellisesti. Verityhjiössä tulee käyttää minimipainetta, joilla saadaan aikaiseksi arteriaokklusio. Verityhjiöaika rajoitetaan mahdollisimman lyhyeksi sekä monitoroidaan verityhjiöpainetta säännöllisesti. □

Kirjallisuutta:

- Anaesthesia for Orthopedic Surgery, Tourniquet problems. Kirjassa Anaesthesia, Ronald D. Miller s. 2130–2132, Philadelphia 2000
- Management of Anesthesia, Tourniquets. Kirjassa Clinical Anesthesia, Barash, Cullen, Stoelting s. 1114, Philadelphia
- Laskimopuudutus. Kirjassa Anestesiologia ja tehohoito, kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä 1999
- Recommended Practices for Use of the Pneumatic Tourniquet. AORN J, Volume 75(2), Feb. 2002 s. 379–380, 382, 384–386
- Spyridon Darmanis et al. Fatal intra-operative pulmonary embolism following application of an Esmarch bandage. Injury, Int. J. Care Injured 2002; 33 761–764
- Hirota Kazuyoshie et al. The relationship Between Pneumatic Tourniquet Time and the Amount of Pulmonary Emboli in Patients Undergoing Knee Arthroscopic Surgeries. Anesthesia and Analgesia 2001; 93(3) 776–78
- H. Kokki et al. Metabolic effects of low-pressure tourniquet system compared with a high-pressure tourniquet system in arthroscop-

- ic anterior crucial ligament reconstruction. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 1998; 42 418–424
- H.S. Townsend et.al. Tourniquet release: systemic and metabolic effects. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1996; 40 1234–1237
- Girardis Massimo et. Al. The Hemodynamic and Metabolic Effects of Tourniquet Application During Knee Surgery. *Anesthesia and Analgesia* 2000; 91(3) 727–731
- Nikos K. et.al. Clonidine versus Ketamine to Prevent Tourniquet Pain During Intravenous Regional Anesthesia With Lidocaine. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 2001; 26(6) 512–517
- Anahi Perlas et. Al. Forearm Rescue Cuff Improves Tourniquet tolerance During Intravenous Regional Anesthesia. *Regional Anesthesia and Pain magazine* 2003; 28(2) 98–102
- Abdel-Salam et. Al. Effects of Tourniquet During Total knee Arthroplasty: A Prospective Randomised Study. *The Journal of Bone and joint Surgery* 1995; 77-B(2) 250–253
-

Niina Hekkala

Erikoistuva lääkäri

OYS, anestesiayksikkö

niina.hekkala@ppshp.fi