

Mikrovaskulaarisen kirurgian anestesiologisia perusteita

Riikka Takala

Mikrovaskulaarisella kirurgialla tarkoitetaan toimenpiteitä, joissa kirurginen anastomooosi tehdään läpimitaltaan pieniin (1–4 mm) verisuoniin. Tällaisia leikkauksia ovat mm. TRAM (Transverse Rectus Abdominis Musculocutaneous Flap)-leikkaus, eräiden malignien syöpien (esim. larynks ja iho) leikkaukset ja traumaattisesti amputoitujen raajojen tai niiden osien replantaatioleikkaukset. Monesti nämä leikkaukset eivät horjuta itse anestesiaa, jolloin saattaa syntyä erheellinen kuva siitä, että anestesiaan ei tarvitse kiinnittää suurtakaan huomiota. Kuitenkin oikein suoritettulla anestesiolla voi olla huomattava merkitys leikkauksen onnistumiselle, vaikka päävastuu onnistumisesta ja lopputuloksesta onkin kirurgilla.

Anestesiologin kannalta ongelmat ja haasteet syntyvät leikkauksen pitkästä kestosta sekä laajoista ja avoimista haavapinnoista. Menetettyjen nesteiden ja verenhukan arviointi voi olla vaikeaa, jolloin potilaat altistuvat hypovolemialle. Leikkauksen aikana potilaat altistuvat myös jäähtymiselle. Sekä hypovolemia että jäähtyminen puolestaan aiheuttavat fysiologisen vasokonstriktion, joka huonontaa siirteiden verenkiertoa. Lisäksi siirron aikaisen iskemian aiheuttama vaskulaarinen vaurio ja lymfasuonten puuttuminen siirteestä lisäävät ödeeman kehittymistä siirteeseen^{1,2}.

Mikrovaskulaarisen kirurgian suurin ongelma onkin hypoperfuusio ja siihen liittyvä siirteiden iskemia ja nekroosi^{1,2}. Hyvin suoritettu anestesia mikrovaskulaarisessa kirurgiassa perustuu verenkierron fysiologian tuntemukseen.

Fysiologiaa

Verenvirtauksen optimointi perustuu Poiseuille-Hagan yhtälöön¹.

$$\text{Flow} = (P_A - P_B) \times \pi / 8 \times 1 / \eta \times r^4 / L$$

$P_A - P_B$ = Paine-ero putken (verisuonen) kahden pään välillä,
 η = nesteen viskositeetti, r = putken säde ja L = putken (verisuonen) pituus

Yhtälö selventää, miten muutokset perfuusiopaineessa, viskositeetissa ja verisuonen läpimitassa vaikuttavat virtaukseen. Siirteiden mikroverenkierrossa nämä kolme tekijää, joista viskositeetti on erittäin tärkeä, vaikuttavat siis verenvirtaukseen. Veren viskositeettiin vaikuttaa hematokriitin ohella myös veren virtausnopeus. Verenvirtaus voi pienentyä erinäisistä syistä, kuten verenpaineen laskun, venapuolen paineen nousun ja resistanssin kasvun seurauksena. Verenvirtauksen laskiessa alle kriittisen rajan punasolut jakaantuvat tasaisesti verisuonen sisällä ja viskositeetti kasvaa suoraan suhteessa hematokriitiin. Virtauksen yhä pienentyessä punasolut kerääntyvät raharullakasoiksi ja lisäävät edelleen virtausvastusta. Resistanssin kasvu puolestaan voi johtua vasokonstriktiosta tai veren viskositeetin lisääntymisestä. Lisäksi kapillaarien avoimuuden edellytyksenä on riittävä pulssipaine¹.

Vapaa kudossiirre

Irrotettu kudossiirre ja replantoitavat raajat eroavat normaalista kudoksesta². Siirre on iskeeminen siihen asti, kunnes mikroanastomootit on tehty. Siirteessä ei ole jäljellä hermotusta, mutta sen sijaan syöttävässä arteriassa ja poisjohtavassa venassa on edelleen normaali hermotus. Hermotuksen puutteesta johtuen siirteiden arteriat eivät reagoi neurogeeniselle stimulukselle, mutta reagoi fysiokemialliselle (kylmä, kosketus) ja kemialliselle (lääkeaineet, välittäjäaineet) ärsykkeelle säilyä. Verenvirtaus siirteessä on usein laskenut alkuperäisestä puoleen leikkauksen

jälkeisten 6–12 tuntien aikana. Siirteestä puuttuvat myös imusuonet, mikä altistaa turvotukselle. Imusuonten yhdistyminen takaisin lymfakiertoon vie puolestaan aikaa useita viikkoja.

Anestesian aikainen valvonta

Potilaiden anestesian aikaiseen monitorointiin kuuluvat perinteisesti valvottavien suureiden (EKG, SpO₂, kaasut) lisäksi suora verenpaineenmittaus, sentraalisen lämpötilan mittaus ja diureesin monitorointi. Lisäksi kynnys sentraalisen kanyylin laittamiselle ja keskuslaskimopaineen (CVP) mittaukselle tulee olla matala silloin, kun kyseessä on laaja ja pitkä leikkaus. Perifeerisen verenkierron riittävyttä voidaan arvioida erikseen kapillaarikierron testauksella, vaikka pulssioksimetri antaa tästäkin viitteitä. Pitkissä toimenpiteissä on myös suotavaa tarkastaa säännöllisesti verikaasuanalyysi ja hemoglobiini/hematokriitti.

Anestesia

Anesteettien vaikutusta mikrovaskulaarisen siirteen verenvirtaukseen ja happeutumiseen ei ole tutkittu systemaattisesti. Inhalaatioanesteeteista on tutkittu ainoastaan isofluraania ja halotaania mikrovaskulaarisessa kirurgiassa ja isofluraani näyttöisi säilyttävän siirteen verenvirtauksen³. Uusimpien inhalaatioanesteettien, sevofluraanin ja desfluraanin sekä propofolin vaikutuksia siirteen verenkiertoon ei ole tutkittu.

Puudutusten käyttöä erityisesti raajoihin kohdistuvassa kirurgiassa on perusteltu niiden aiheuttaman sympatikolyysin ja kivunlievityksen vuoksi. Plexus brachialis -puudutus onkin osoittautunut hyväksi käsivarren ja käden alueen mikrovaskulaarisissa toimenpiteissä^{4,5}. Sen sijaan epiduraalipuudutus on aiheuttanut sekä ihmisillä että kokeellisessa mallissa musculocutaneus-siirteen verenvirtauksen laskua jopa 20–30 %^{6,7}. Tämä virtauksen lasku selittyy ainakin osittain epiduraalipuudutuksen verenpainetta laskevan vaikutuksen kautta. Sekä verenpaineen että siirteen verenvirtauksen lasku on huomattavasti suurempi hypovoleemisessa tilanteessa. Tämän suuruisen verenvirtauksen lasku jo valmiiksi iskeemisessä siirteessä voi olla kohtalokasta siirteelle. Fenylefriini-infuusion aikana siirteen verenvirtausta on onnistuttu korjaamaan verenpaineen nousun myötä⁸.

Anestesian aikana tavoitteena on luoda hyperdynaaminen verenkierto: korkea sydämen minuuttivirtaus, riittävä vasodilataatio ja suuri pulssipaine^{1,2}. Lisäksi potilaan pitäminen normotermisenä kuu-

luu anestesiologin tehtäviin. Näillä tekijöillä pyritään tarjoamaan siirteelle riittävä verenvirtaus ja perfuusiopaine sekä minimoimaan trombien muodostumista^{1,2}.

Jo leikkauksen alusta alkaen liiallista verenpaineen laskua tulee välttää, vaikka se vähentäisikin verenvuotoa. Liiallinen ja kontrolloimaton hypotensio aktivoi reniini-angiotensiini-aldosteroni -järjestelmän, jonka laukaisema vasokonstriktio ja nesteregentio voivat aiheuttaa myöhemmin ongelmia. Systolisen verenpaineen pitäminen yli 100 mmHg on suositeltavaa¹ ja anastomoosivaiheessa lähellä potilaan normaalia verenpainetasoa². Jos hypotensio on ongelmana leikkauksen aikana, inotrooppina voidaan käyttää ainakin dobutamiinia (β1 ja β2 -vaikutus). Sillä on saatu parempi virtaus siirteeseen kuin dopamiinilla⁹. Ennen inotroopin aloittamista tulee kuitenkin huolehtia riittävästä nesteytyksestä. Vasokonstriktoreita on perinteisesti vältetty, sillä niiden on pelätty huonontavan siirteen verenkiertoa. Tosin eräässä kokeellisessa työssä systeeminen fenylefriini-infuusio (voimakas α1-vaikutus) ei huonontanut eikä parantanut siirteen verenkiertoa, vaikka keski-verenpaine ja systeeminen vaskulaarinen resistenssi nousivatkin⁸. Muiden vasokonstriktorien vaikutusta siirteen verenvirtaukseen ei tiettävästi ole tutkittu ja kokeellisen työn tuloksien soveltamiseen suoraan sellaisenaan kliiniseen työhön tulee suhtautua varauksella.

Nestehoito leikkauksen aikana on haastavaa. Leikkaukset ovat pitkäkestoisia ja haihtuminen laajoista haavapinnoista saattaa olla runsastakin. Kuitenkin liiallista nesteyttämistä tulee välttää, sillä siirteestä puuttuvan lymfakierron vuoksi siirre on altis ödeemalle, joka puolestaan heikentää siirteen verenkiertoa. Nesteytyksen arvioimiseksi keskuslaskimopaineen mittaus on pitkissä leikkauksissa aiheellista. Eräät suosittelevat sen pitämistä 2 mmHg korkeampana lähtötilanteeseen verrattuna² jotta hypovolemiaa ei pääsisi lainkaan kehittymään. Infusoitavien nesteiden laatuun tulee kiinnittää huomiota^{1,2}. Soluvälitilaan kulkeutuvat kirkkaat nesteet aiheuttavat turvotusta ja niiden liiallinen anto voi turvotuksen johdosta uhata siirteen verenkiertoa. Kirkkaita nesteitä on käytetty korvaamaan haihtumisen aiheuttamaa menetystä. Kolloideja on puolestaan käytetty verenvuodon korvaamiseen heti alusta alkaen, jotta kirkkaiden nesteiden anto jäisi näin vähäisemmäksi. Mikrovaskulaarisessa kirurgiassa hemoglobiinitasoa 90–100 g/l ja hematokriittitasoa 30–35 % on pidetty sopivana. Liian korkea hemoglobiinitaso lisää viskositeettia ja voi näin pienentää siirteen verenvirtausta (Poiseuille-Hagan yhtälö).

Leikkauksen aikana tulee pyrkiä normoventilaatioon ja normaaliin happo-emästasapainoon². Asidoosi voi huonontaa verenvirtausta siirteessä pienentämällä punasolujen komplianssia ja lisäämällä katekoliamiinien vastetta. Alkaloosi puolestaan lisää perifeeristä vaskulaarista resistenssiä ja pienentää sydämen minuuttivirtausta.

Heti anestesian aloituksesta lähtien myös potilaan lämpötilan säilyttämiseen on kiinnitettävä huomiota. Tämä tapahtuu käyttämällä lämmitettyjä nesteitä ja erilaisia lämpöpeittoja. Tavoitteena on pitää potilas normotermisenä. On hyvä huomioida myös se, että leikkauksalin lämpötilalla on huomattava merkitys sekä potilaan että siirteiden jäähtymisessä.

Postoperatiivinen hoito

Potilaiden postoperatiiviseen hoitoon pätevät samat periaatteet kuin anestesian aikana². Potilaan analgesia tulee hoitaa hyvin, jotta sympaattisen hermoston aktivaatio ja siihen liittyvä vasokonstriktio eivät heikentäisi siirteiden verenkiertoa. Postoperatiivinen vapina tulee myös hoitaa heti. Vapina lisää elimistön hapenkulutusta ja katekoliamiinien erittymistä, joka puolestaan aiheuttaa vasokonstriktiota. Suositeltavin lääke vapinan hoitoon on klonidiini, 75–150 µg iv 2–3 minuutissa, sillä klonidiinilla on sympaattisen hermoston aktiivisuutta vähentävä ja vasodilatoiva vaikutus. Luonnollisesti siirteiden verenkiertoa tulee seurata tiheästi postoperatiivisessa vaiheessa. Ensimmäisten 6–12 tunnin aikana leikkauksen jälkeen verenvirtaus siirteessä laskee usein alkuperäisestä virtauksesta noin puoleen. Verenkiertoa voidaan seurata

lämpötilaa mittaamalla, kapillaarikierron testauksella, ultraäänidopplerilla sekä kudoshappimittarilla. □

Kirjallisuusviitteet

1. Macdonald DJ. Anaesthesia for microvascular surgery. A physiological approach. *Br J Anaesth* 1985; 57: 904–912.
2. Sigurdsson GH., Thomson D. Anaesthesia and microvascular surgery: clinical practice and research. *Eur J Anaesthesiol* 1995; 12: 101–122.
3. Sigurdsson GH, Banic A, Wheatley AM, Mettler D. Effects of halothane and isoflurane anaesthesia on microcirculatory blood flow in musculocutaneous flaps. *Br J Anaesth* 1994; 73: 826–832.
4. Inberg P, Kassila M, Vilkki S, ym. Anaesthesia for microvascular surgery in children. A combination of general anaesthesia and axillary plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 1995; 39: 518–522.
5. Kurt E, Ozturk S, Isik S, Zor F. Continuous brachial plexus blockade for digital replantations and toe-to-hand transfers. *Ann Plast Surg* 2005; 54: 24–27.
6. Banic A, Krejci V, Erni D ym. Effects of extradural anaesthesia on microcirculatory blood flow in free latissimus dorsi musculocutaneous flaps in pigs. *Plast Reconstr Surg* 1997; 100: 945–955.
7. Erni D, Banic A, Signer C, Sigurdsson GH. Effects of epidural anaesthesia on microcirculatory blood flow in free flaps in patients under general anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol*. 1999; 16: 692–698.
8. Banic A, Krejci V, Erni, D ym. Effects of sodium nitroprusside and phenylephrine on blood flow in free musculocutaneous flaps during general anaesthesia. *Anesthesiology* 1999; 90: 147–155.
9. Suominen S, Svartling N, Silvasti, M ym. The effect of intravenous dopamine and dobutamine on blood circulation during a microvascular TRAM flap operation. *Ann Plast Surg* 2004; 53: 425–431.

Riikka Takala

LL, Anestesiologian erikoislääkäri

Anestesiologian ja tehohoidon yksikkö, TYKS

riikka.takala@tyks.fi