

# Vapaan mikrovaskulaarisen kielekkeen verenkierto anestesiologin näkökulmasta

Hanna Tuominen

Vammojen, kasvainten ja rakennevikojen aiheuttamia anatomisia ja toiminnallisia vaurioita korjataan yleisesti siirtämällä vauriokohtaan elimistön omaa kudosta. Pienet puutosalueet voidaan peittää lähialueelta käännetyllä varrellisella kielekkeellä. Laajempia vaurioita sen sijaan joudutaan usein rekonstruoimaan kauempaa vartalolta siirretyillä vapailla mikrovaskulaarisilla kielekkeillä. Vapaa kieleke leikataan verisuonineen irti lähtökohdastaan, muotoillaan ja kiinnitetään vastaanottaja-alueelle. Kielekkeen valtimo ja laskimo liitetään mikrokirurgista tekniikkaa käyttäen vastaanottaja-alueen sopiviin suoniin. Tyypillisiä vapaita kielekkeitä ovat TRAM (transverse rectus abdominis musculocutaneous)-rintarekonstruktio kieleke ja ALT (anterolateral thigh)-kieleke suurten vartalon tai pään puutosalueiden korjaamiseksi. Mikrovaskulaarisessa kielekeleikkauksessa sekä kirurgin että anestesiologin on syytä olla perillä siirteen verenkiertoon vaikuttavista seikoista.

## Kielekkeen anatomiaa ja fysiologiaa

Vapaa kieleke muodostetaan yhdestä tai useammasta angiosomista. Angiosomi-käsitteellä tarkoitetaan erilaisista kudostyypeistä koostuvaa vartalon aluetta, joka saa verenkiertonsa tietyn valtimon kautta. Anatomisissa tutkimuksissa on havaittu, että ihmisvartalo koostuu suunnilleen 40 angiosomista, jotka jakaantuvat edelleen määrättyjen verisuonten suonittamiin territorioihin<sup>1</sup>. Vierekkäiset angiosomit ovat yhteydessä toisiinsa kaliiperiltaan vaihtelevien suonipunosten avulla. Ihon ja lihasten verisuonituksen rakenne on myös selvitetty perusteellisesti<sup>2</sup>. Verenkierto tulee kielekkeen iholle angiosomin valtimosta eli pedikkelisuonesta alkunsa saavien perforanttien välityksellä, jotka voivat nousta alueen pintakerrokseen joko suorina kutaanisina, septokutaanisina tai lihaksen läpi kulkevinä muskulokutaanisina perforanteina. Ihon ja rasvan paikallinen verenkierto kulkee nykytiedon mukaan viiden lähekkäin sijait-

sevan verisuonipunoksen kautta. Termoregulatorinen vasokonstriktio tapahtuu pääosin dermaalisessa ja ravinteiden siirtyminen subdermaalisessa suonipunoksessa.

Irrotettaessa kieleke alkuperäiseltä kohdaltaan sen verenkierrossa on todettu tyypillisiä muutoksia. Rotilla havaittiin, että kielekkeen verenkierto vähenee irrotuksen jälkeen aluksi muutamiksi tunneiksi. Syyksi on arveltu adrenergisistä välittäjäaineista johtuvaa vasokonstriktiota. Vuorokauden kuluttua kielekkeessä havaittiin vasodilataatio ja verenkierron lisääntyminen. Verenkierron lisääntymisen taustalla saattaa olla viereiseltä angiosomilta käsin syntynyt uudissuonisto, jonka kautta kieleke saa osan verenkiertoaan jo muutama minuuttiin kuluttua lopulliselle paikalle kiinnittämisestään<sup>3</sup>.

Ihmisillä kielekkeen verenkiertoa on tutkittu niukasti. TRAM-kielekettä koskevilla mittauksilla on havaittu, että vapaan kielekkeen verenkierto onkin parempi kuin aikaisemmin suositun varrel-

lisen TRAM-kielekkeen<sup>4-6</sup>. Vapaiden kielekkeiden verenkierron on todettu riippuvan kielekkeen tyy-  
pistä siten, että runsaasti lihasta sisältävä kieleke  
tarvitsee painoyksikköä kohden runsaamman ve-  
rimäärän kuin runsasrasvainen kieleke<sup>7</sup>.

## Kielekkeiden verenkierto-ongelmien taustaa ja hoitokeinoja

Pelätyin kielekeleikkauksen komplikaatio on kie-  
lekkeen menetys; potilas joutuu uusiin leikkauk-  
siin, hoito pitkittyy ja lisäksi yksi elimistön varaosa  
on tuhoutunut. Vapaista kielekkeistä menetetään  
suunnilleen joka sadas uusintaleikkauksista huo-  
limatta. Kielekkeen verenkierto loppuu useimmi-  
ten joko valtimon tai laskimon tromboosin vuok-  
si. Tromboosi syntyy yleensä anastomoosikohtaan.  
Siihen myötävaikuttavina tekijöinä saattavat olla  
suonen taittuminen, kompressio esimerkiksi he-  
matooman takia ja teknisesti ei aivan optimaalinen  
anastomooosi<sup>8</sup>. Potilaan hyytymistäipumus saattaa  
myös selittää osan kielekenekrooseista<sup>9</sup>. Veren-  
kiertohäiriön taustalla voi myös olla liian suuriko-  
koinen kieleke suhteessa verenkiertoon, iskemia-  
reperfuusiohäiriö, potilaan lihavuus, tupakointi tai  
yleissairaus.

Kielekkeiden verenkiertoa on yritetty parantaa  
erilaisilla toimenpiteillä ja lääkeaineilla. Kielekkee-  
seen on aiheutettu hypoksia 1–4 viikkoa ennen it-  
se leikkausta esimerkiksi ligeeraamalla osa pedik-  
kelihaaaroista. Tämän iskeemisen ”preconditionin-  
gin” seurauksena verenkierto on lisääntynyt vierei-  
sestä angiosomista kielekkeeseen päin<sup>10</sup> ja nekroo-  
sit vähentyneet TRAM-kielekkeissä<sup>11</sup>. Kokeiluista  
huolimatta eri lääkeaineista ei ole toistaiseksi ollut  
apua kielekkeen verenkiertohäiriöiden estämisessä.  
Kielekkeen alueelle preoperatiivisesti annostel-  
lusta verisuonen endoteelikasvutekijästä (VEGF)  
on saatu kokeellisissa tutkimuksissa lupaavia tu-  
loksia<sup>12</sup>, samoin kuin joissakin tutkimuksissa myös  
endoteeliinantagonisteista<sup>13-14</sup>.

## Anestesiologisia näkökohtia

Kielekeleikkausten anestesiologisesta hoidosta on  
julkaistu muutamia katsauksia<sup>15-18</sup>. Inhalaatioanes-  
teetteja, erityisesti isofluraania, on perinteises-  
ti suositeltu kielekeleikkausten anesteetiksi niiden  
aiheuttaman voimakkaan vasodilataation vuok-  
si. Toisaalta myös propofoli aiheuttaa voimakkaan  
perifeeristen valtimoiden ja laskimoiden dilataati-  
on<sup>19</sup>. Anesteettien ja mikroverenkierron suhdet-  
ta on selvitelty kliinisissä tutkimuksissa. Propofo-

lianestesian on todettu vähentävän terveillä koe-  
henkilöillä sublinguaalista kapillaarikiertoa<sup>20</sup>. Se-  
vofluraanin on todettu vähentävän kapillaarien  
läpäisevyyttä elektiivisessä rintaleikkauksessa ole-  
villa naisilla propofoliin verrattuna pletysmogra-  
fin avulla tehdyissä mittauksissa. Tutkijat suositte-  
levat sevofluraania anesteetiksi tapauksissa, joissa  
kudosturvotuksesta voi olla haittaa<sup>21</sup>. Sevofluraa-  
nilla saattaa myös olla iskemia-reperfuusiovauriol-  
ta suojaavaa vaikutusta<sup>22</sup>. Näistä havainnoista huo-  
limatta vapaan kielekkeen kannalta ihanteellisen  
anesteetin valitsemiseksi tarvittaisiin tutkimuksia  
inhalaatio- ja propofolianestesian vaikutuksesta  
kielekkeen verenkiertoon.

Pitkäkestoisissa kielekeleikkauksissa potilas al-  
tistuu hypotermialle, jonka tiedetään olevan yh-  
teydessä kielekkeen komplikaatioihin<sup>23</sup>. Hypoter-  
mian suoranaista vaikutusta kielekkeen verenki-  
ertoon ei ole tutkittu ihmisellä, mutta eläinkokeissa  
se aiheuttaa kielekkeen verenkierron vähenemis-  
tä<sup>24</sup>. Yleisanestesian aiheuttamaa hypotermiaa tu-  
lee ehkäistä aktiivisesti, jotta ydinlämmön lasku  
ei laukaisisi kielekkeelle todennäköisesti haitallis-  
ta termoregulatorista vasokonstriktiota perifeeri-  
sissä kudoksissa. Yleisanestesia häiritsee norma-  
alia lämmönsäätelyä ja laskee vasokonstriktiokyn-  
nystä, jos hypotermiaa ei ehkäistä<sup>25</sup>. Toisaalta se-  
kä inhalaatioanesteetit että propofoli aiheuttavat  
ihon vasodilataatiota, jolloin lämpöä haihtuu eli-  
mistöstä<sup>26-27</sup>. Käytännössä kannattaa seurata ydin-  
lämmön lisäksi myös perifeeristä, esimerkiksi sor-  
men lämpöä, ja pyrkiä pitämään perifeerinen läm-  
pö vähintään tasolla 33 °C huolehtimalla lämpö-  
taloudesta ja optimaalisesta nesteytyksestä. Jos pe-  
rifeerinen vasokonstriktio kaikesta huolimatta on  
ehtinyt syntyä, tilanteen korjaaminen on osoittau-  
nut haastavaksi.

Hagan-Poiseuillen yhtälön mukaan putken vir-  
taus on verrannollinen paine-eroon putken päiden  
välillä, putken säteeseen ja kääntäen verrannolli-  
nen nesteen viskositeettiin ja putken pituuteen.

$$\text{Laminaarivirtaus} = \Delta P \times r^4 \times \pi / 8 \times \eta \times l$$

( $\Delta P$  = paine-ero,  $r$  = säde,  $\eta$  = viskositeetti,  $l$  = putken pituus)

Tähän yhtälöön perustuu käytäntö lievästä hyper-  
volemiasta ja hemodiluutiosta siirreleikkauksis-  
sa<sup>28</sup>. Potilaat pidetään normotensiivisinä erityisesti  
anastomoosien ompelun jälkeen ja pulssipaineen  
tulee olla riittävä<sup>18</sup>. Nesteytyksen suhteen kirjalli-  
isuus suosittelee kristalloidin ja kolloidin yhdistel-  
mää. Ylinesteytystä tulee kuitenkin välttää, koska  
ekstrasellulaarinen kudosturvotus saattaa aiheut-

taa pienten suonten kompressiota. Kielekekirurgiassa tavoitellaan hematokriittitasoa 0,30–0,35, joka ylläpidetään myös postoperatiivisesti<sup>15</sup>. Nestetäyttöä monitoroidaan hemodynaamisten parametrien, diureesin ja perifeerisen lämmön avulla. Keskuslaskimopainetta kannattaa seurata ainakin massiivisissa kielekeleikkauksissa. Minuuttitilavuuden epäsuora seuraaminen valtimopainekäyrän muotoon perustuvalla mittauksella (Vigileo™) on osoittautunut hyödylliseksi omassa työssäni.

Puudutuksia on käytetty erityisesti sormien replantaatioissa niiden aiheuttaman sympatikussalpausten ja vasodilataation vuoksi. Epiduraalipuudutuksen hyödyllisyys alaraajojen vapaissa kielekkeissä kyseenalaistettiin, kun sen todettiin aiheuttavan alaraajan vapaissa kielekkeissä verenkierron vähenemistä steal-ilmion pohjalta<sup>29</sup>. Sittemmin epiduraalipuudutusta on julkaistussa tapausselostuksessa pidetty kielekkeen kannalta sopivana anestesia-aiheutena potilailla, joita ei ole voitu nukuttaa leikkausta varten<sup>30</sup>.

## Vasoaktiivit ja kielekkeen verenkierto

Vasoaktiivien vaikutuksia kielekkeen verenkiertoon on tutkittu toistaiseksi niukasti. Banic työryhmineen totesi, että fenyylifriinillä ei ollut vaikutusta sian vapaan kielekkeen verenkiertoon<sup>31</sup>. Cordeiron tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että sioilla fenyylifriini aiheutti kielekkeen verenkierron vähenemisen, dopamiinilla ei ollut vaikutusta ja dobutamiini lisäsi sekä sydämen minuuttitilavuutta että kielekkeen verenkiertoa<sup>32</sup>. Massey'n työssä fenyylifriini aiheutti verenkierron vähenemisen sian rotaatiokielekkeissä, mutta adrenaliini-infuusiolla saatiin aikaan minuuttitilavuuden nousu ja kielekkeen verenkierron lisääntyminen<sup>33</sup>. Kliinisissä töissä dobutamiinin, toisin kuin dopamiinin, on todettu lisäävän vapaan kielekkeen verenkiertoa<sup>34–35</sup>. Käytännön työssä eräissä keskuksissa on käytetty noradrenaliinia hypotension hoitona ajatellen minuuttitilavuuden nousun johtavan kielekkeen verenkierron lisääntymiseen. Toistaiseksi noradrenaliinin hyödyllisyydestä kielekkeen verenkierrolle ei ole julkaistuja tutkimuksia toisin kuin dobutamiinin, jota voi pitää suositeltavana.

## Monitorointi

Kielekkeen seuranta on välttämätöntä verenkiertohäiriöiden havaitsemiseksi ajoissa, jotta mahdollinen uusintakirurgia ei viivästyisi. Intraoperatiivisilla laserdopplermittauksilla on pystytty ennusta-

maan kielekkeen verenkiertohäiriöiden syntymistä<sup>4,36</sup>, mutta käytännössä kielekkeen verenkiertoa seurataan leikkauksen aikana yleensä kliinisesti. Postoperatiivisesti kielekkeen värin ja vitaali-reaktion tarkkailua pidetään karkeana tarkkailumenetelmänä. Kielekkeen postoperatiivisen iskemian havaitsemisesta on saatu rohkaisevia kokemuksia laserdopplerin ohella mikrodialyysin ja kudoshappimittauksen avulla<sup>37–39</sup>. Kielekkeen seuranta tulisi jatkaa ainakin leikkauksen jälkeiseen päivään asti, ja siksi ihanteellisen seurantalaitteen tulee soveltua myös vuodeosastolle.

Kielekeleikkauksen kriittiset vaiheet ovat anastomoosin teko ja potilaan verenkierron optimointi sen jälkeen. Vasokonstriktiota, hypotensiota ja hypotermiaa tulee välttää myös jälkihoidossa. Joissakin keskuksissa tietyt potilasryhmät pidetään sedatoituna teho-osastolla ainakin yön yli. Eläinkokeiden perusteella deksmedetomiidiini on osoittautunut hyödylliseksi tässä tarkoituksessa<sup>40</sup>. Menestykselliseen siirteen hoitoon kuuluu myös tromboosiprofylaksia. □

### Kirjallisuus

1. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1987; 40: 113–141.
2. Mathes SJ, Nahai F. Classification of the vascular anatomy of muscles: experimental and clinical correlation. *Plast Reconstr Surg* 1981; 67: 1177–1187.
3. Banbury J, Siemionow M, Porvasnik S, ym. Muscle flaps' triphasic microcirculatory response to sympathectomy and denervation. *Plast Reconstr Surg* 1999; 104: 730–737.
4. Tuominen HP, Asko-Seljavaara S, Svartling NE, Härmä MA. Cutaneous blood flow in the TRAM flap. *Br J Plast Surg* 1992; 45: 261–269.
5. Tuominen HP, Asko-Seljavaara S, Svartling NE. Cutaneous blood flow in the free TRAM flap. *Br J Plast Surg* 1993; 46: 665–669.
6. Hallock GG. Physiological studies using laser Doppler flowmetry to compare blood flow to the zones of the free TRAM flap. *Ann Plast Surg* 2001; 47: 229–231.
7. Lorenzetti F, Suominen S, Tukiainen E, ym. Evaluation of blood flow in free microvascular flaps. *J Reconstr Microsurg*. 2001; 17: 163–167.
8. Vedder NB. Flap physiology. Kirjassa: General Principles – Plastic Surgery, 1. painos, ss. 486–488. Toim. Mathes SJ. Saunders, 2005.
9. Olsson E, Svartling N, Asko-Seljavaara S, Lassila R. Activation of coagulation and fibrinolysis in microsurgical reconstructions in the lower extremities. *Br J Plast Surg* 2001; 54: 597–603
10. Dhar SC, Taylor GI. The delay phenomenon: the story unfolds. *Plast Reconstr Surg* 1999; 104: 2079–2091.
11. Ribuffo D, Muratori L, Antoniadou K, ym. A hemodynamic approach to clinical results in the TRAM flap after selective delay. *Plast Reconstr Surg*. 1997; 99: 1706–1714.
12. Huang N, Khan A, Ashrafpour H, ym. Efficacy and mechanism of adenovirus-mediated VEGF-165 gene therapy for augmentation of skin flap viability. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006; 291: H127–H137.
13. Erni D, Wessendorf R, Wettstein R, ym. Endothelin receptor blockade improves oxygenation in contralateral TRAM flap tissue in pigs. *Br J Plast Surg* 2001; 54: 412–418.
14. Wettstein R, Mörsdorf P, Bächle A, ym. Selective blockage of

- endothelin-B receptor improves survival of critically perfused musculocutaneous flaps. *Langenbecks Arch Surg* 2007; 392: 331–338.
15. Sigurdsson GH, Thomson D. Anaesthesia and microvascular surgery: clinical practice and research. *Eur J Anaesthesiol* 1995; 12: 101–122.
  16. Adams J, Charlton P. Anesthesia for microvascular free tissue transfer. *Br J Anaesth (CEPD Reviews)* 2003; 3: 33–37.
  17. Takala R. Mikrovaskulaarisen kirurgian anesthesiologia perusteita. *Finnanest* 2005; 38: 267–269.
  18. Hagau N, Longrois D. Anesthesia for free vascularized tissue transfer. *Microsurgery* 2009; 29: 161–167.
  19. Bently GN, Gent JP, Goodchild CS. Vascular effects of propofol: smooth muscle relaxation in isolated veins and arteries. *J Pharm Pharmacol* 1989; 41: 797–798.
  20. Koch M, de Backer D, Vincent JL, ym. Effects of propofol on human microcirculation. *Br J Anaesth* 2008; 101: 473–478.
  21. Bruegger D, Bauer A, Finsterer U, ym. Microvascular changes during anesthesia: sevoflurane compared with propofol. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002; 46: 481–487.
  22. Lucchinetti E, Ambrosio S, Aguirre J. Sevoflurane inhalation at sedative concentrations provides endothelial protection against ischemia-reperfusion injury in humans. *Anesthesiology* 2007; 106: 262–268.
  23. Sumer BD, Myers LL, Leach J, Truelson JM. Correlation between intraoperative hypothermia and perioperative morbidity in patients with head and neck cancer. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2009; 135: 682–686.
  24. Kinnunen I, Laurikainen A, Schrey A, ym. Effect of hypothermia on blood-flow responses in pedicled groin flaps in rats. *Br J Plast Surg* 2002; 55: 657–663.
  25. Sessler DI. Mild perioperative hypothermia. *N Engl J Med* 1997; 336: 1730–1737.
  26. Bently GN, Gent JP, Goodchild CS. Vascular effects of propofol: smooth muscle relaxation in isolated veins and arteries. *J Pharm Pharmacol* 1989; 41: 797–798.
  27. Ozaki M, Sessler DI, Suzuki H, ym. Nitrous oxide decreases the threshold for vasoconstriction less than sevoflurane or isoflurane. *Anesth Analg* 1995; 80: 1212–1216.
  28. Macdonald DJ. Anaesthesia for microvascular surgery. A physiological approach. *Br J Anaesth* 1985; 57: 904–912.
  29. 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.
  30. Alam NH, Haeney J, Platt AJ. Three episodes of gracilis free muscle transfer under epidural anaesthesia. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59: 1463–1466.
  31. Banic A, Krejci V, Erni D, ym. Effects of sodium nitroprusside and phenylephrine on blood flow in free musculocutaneous flaps during general anesthesia. *Anesthesiology* 1999; 90: 147–155.
  32. Cordeiro PG, Santamaria E, Hu QY, Heerd P. Effects of vasoactive medications on the blood flow of island myocutaneous flaps in swine. *Anaesthesia* 2005; 60: 310–311.
  33. Massey MF, Guopta DK. The effects of systemic phenylephrine and epinephrine on pedicle artery and microvascular perfusion in a pig model of myoadipocutaneous rotational flaps. *Plast Reconstr Surg* 2007; 120: 1289–1299.
  34. 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.
  35. Scholz A, Pugh S, Fardy M, ym. The effect of dobutamine on blood flow of free transfer flaps during head and neck reconstructive surgery. *Anaesthesia* 2009; 64: 1089–1093.
  36. Heller L, Levin LS, Klitzman B. Laser Doppler flowmeter monitoring of free-tissue transfers: blood flow in normal and complicated cases. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 1739–1745.
  37. Udesen A, Lontoft E, Kristensen SR. Monitoring of free TRAM flaps with microdialysis. *J Reconstr Microsurg* 2000; 16: 101–106.
  38. Setälä L, Papp A, Romppanen EL, ym. Microdialysis detects postoperative perfusion failure in microvascular flaps. *J Reconstr Microsurg* 2006; 22: 87–96.
  39. Hirigoyen MB, Blackwell KE, Zhang WX, ym. Continuous tissue oxygen tension measurement as a monitor of free-flap viability. *Plast Reconstr Surg* 1997; 99: 763–773.
  40. Nunes S, Berg L, Raittinen L-P, ym. Deep sedation with dexmedetomidine in a porcine model does not compromise the viability of free microvascular flap as depicted by microdialysis and tissue oxygen tension. *Anesth Analg* 2007; 105: 666–672.

Väitöskirja: Hanna Tuominen. The TRAM flap for breast reconstruction: Studies on perioperative cutaneous blood flow, vasoconstriction, and indices of obesity. Helsingin yliopisto, 2008.

*Hanna Tuominen*  
LKT, erikoislääkäri  
HYKS, ATEK, Töölön sairaala  
hanna.tuominen[a]hus.fi