

Failed foot

Tero Klemola

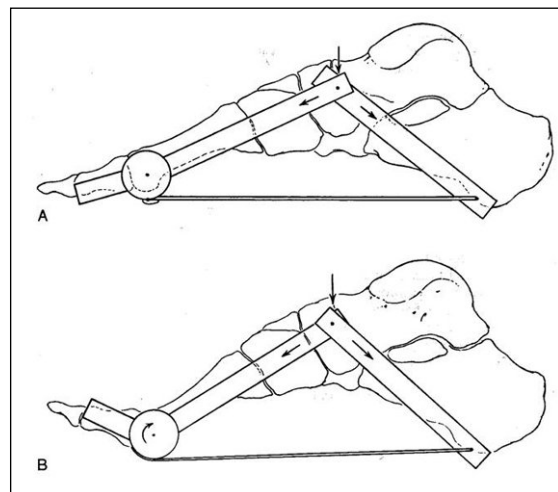
Oulun Yliopistollinen Sairaala

Failed foot is a varying combination of postoperative foot dysfunction. Recurrent hallux valgus, hallux varus, transfer metatarsalgia, midfoot pain, (recurrent) digitus malleus, metatarsal stress fractures, progressive pes planovalgus and clavuses are common mechanical complications after failed forefoot surgery. Technical difficulties during the surgery, complication in postoperative healing process as well as poor understanding of preoperative clinical findings and biomechanics may lead to dissatisfying result. Failed foot correction is based on restoring the key elements of so called "normal gait".

Hallux valguksen korjaukseen on esitelty n. 150 leikkausmenetelmää (1). Mikään yksittäinen leikkaustekniikka ei ole osoittautunut toimivaksi kaikilla potilailta, vaikka itse operaatio sujuisi teknisesti ongelmitta. I-säteen (varvasfalangit, metatarsus, os cuneiforme) kirurgia muodostaa erään arvion mukaan jopa 66 % kaikesta epäonnistuneesta etujalan kirurgiasta (2). Uusiutuvan hallux valguksen lisäksi termi failed foot käsittää päkiäkivun, vasaravarvasvirheasennot, känsitymät, ylikorjauksesta (hallux varus) aiheutuvat ongelmat, postoperatiivisen hallux rigiduksen/mtp I-artroosin, metatarsusten rasisurmutumat, TMT-artroosin ja pahenevan pronaatiohäiriön. Myös puutteellisesta kirurgisesta tekniikasta ja potilaslähtöisistäkin syistä voi aiheutua failed foot-tilanne, esim. hermovaurion, osteonekroosin, mal-/nonunionin, infektion yms. muodossa.

Biomekaniikkaa

I-säteen toiminnallinen merkitys korostuu askelsyklin ponnistusvaiheessa. Päkiälinjassa MTP I-nivelen (2 sesamluuta) tulisi ponnistusvaiheessa vastata n. 1/3 osasta vartalon painosta ennen varvastyönnon alkamista. Mediaalinen osa jalkaholvia stabiloituu askeleen tukivaiheen aikana alemman nilkkanivelen supinaation (= alaraajan ulkokierto alustassa olevaan jalkaterään nähden), peroneus longus- ja tibialis posterior-jänteen aktivoitumisen ja nk. windlass -mekanismin



Kuva 1. Windlass-mekanismi.

kautta (kuva 1). Windlass-mekanismin muodostavat I-varpaan tyvijäsenen kiinnittyvä plantaarifaskian mediaalinen osa, flexor hallucis brevis -lihaksen jänne ja sen kaksi sesamluuta. Tämä vinssimekanismi viritteää ja edelleen stabiloi jalkaterää varpaan tyvifalangia vasten akillesryhmän lihasten aktivoituessa. Jalkaholviin latautunut energia purkautuu varvastyönnon aikana alustaan tehostaen askellusta (1).

Hallux valgus-virheasento häiritsee vinssimekanismin toimintaa ja haittaa päkiälinjan tehokasta ponnistusta siirtäen rasitusta viereisille metatarsaaleille

(metatarsalgia). Peroneus longus-jänteen heikentynyt toiminta estää I-metatarsaalin stabiloitumista ponnistusvaiheen alkaessa, mikä johtaa I-metatarsaalin supinointumiseen ja I-varpaan pronatoitumiseen. Peroneus longus-jänteen toimintaa heikentävät mm. alemman nilkkanivelen pronaatio (1) ja flexor hallucis longus (FHL)-jänteen ylitoiminta. FHL-ylitoiminta toimii myös kompensatiotamekanismina heikosti ponnistavalle peroneus longus-jänteelle.

DiGiovanni ja muut osoittivat vuonna 2002 isoloidun gastrocnemius-kireyden yhteyden etuja keskijalan häiriöihin muuten terveillä potilailla. Tutkimuksen mukaan raja-arvo ojennushäiriölle gastrocnemius-lihaksen osalta oli 5 astetta tai vähemmän passiivista dorsifleksiota neutraaliasennosta (90 astetta) ylemmästä nilkkanivelestä polvi suorana testaten. Akilleskompleksin (gastro-soleuskompleksi) suhteen raja-arvoksi todettiin 10 astetta tai vähemmän passiivista dorsifleksiota polvi 90 asteen koukistuksessa testaten. Näistä arvoista ojennuksen puolelle jäävää liikealalöydystä voidaan ryhmän tulosten mukaan pitää ojennushäiriönä tibiotalaarinivelen passiivisessa liikealassa (3).

Nilkan ojennushäiriö lisää jalkaterän keski- ja etuosan kuormitusta, altistaa subtalaarisen jouston eli pronaation lisääntymiselle ja lopulta I-säteen normaalin ponnistustoiminnan hiipumiselle (peroneus longus -toiminta). I-säteen joutaessa liiallisesti (elevatus), vinnimekanismin toiminta estyy ja normaali kuormituksen jakautuminen päkiälinjassa häiriintyy (1,3). Tällöin kuormitus siirtyy II-III metatarsaaleille, mistä kliinisenä löydöksenä voidaan nähdä mm. MT II-III päkiäkäsittymät, TMT-tason artroosi ja metatarsalgia-oire. Jalkaterän etuosan vakausta heikenee ja tasapainon ylläpitoa ja ponnistusta autetaan varpaiden koukistajajänteiden aktivaatiolla (FDL ja FHL). Kliinisessä tutkimuksessa tämä näkyy varpaiden koukistumisena potilaan seisossa ja häiriö korostuu tyypillisesti askelluksen ponnistusvaiheessa (vasaravarvashäiriö). Kivun varominen I-sänteellä tai päkiälinjassa ja painon siirtäminen jalkaterän ulkosyrjälle lisää tibialis anterior-jänteen aktivaatiota. Tällöin jalkaterän etuosan ponnistustoiminta heikenee ja FHL-ylitoiminta lisääntyy entisestään. Kaikilla hallux valgus-potilailla ei todeta pohjekireyttä (1), mutta tämä tulee todentaa kliinisessä tutkimuksessa, myös hoidettaessa failed foot -tilannetta.

Kellerin resektioartroplastian jälkitila

Keller ja Brandes kuvasivat I-varpaan tyvifalangin resektioartroplastian yli sata vuotta sitten. Menetelmä on ollut teknisen helppoutensa takia suosittu hallux valguksen korjausmenetelmä viime vuosiin saakka. Jonkin verran menetelmää käytetään edelleen nk. low demand-potilaiden hoidossa. Liikunnallisesti aktiivisten potilaiden hoitoon menetelmää ei suositella. Jotuen I-säteen lisääntyneestä instabilitetista, menetelmän jälkitiloihin on kuvattu liittyvän residivi hallux valgusta, hallux varusta, muita I-varpaan virheasentoja ja hervottomuutta, transfer metatarsalgiaa ja viereisten metatarsaalien ylikuormitusta. Jalkaterän ponnistustoiminnan kannalta Kellerin toimenpide on tuhoisa. Toimenpide muuttaa MTP I-nivelen anatomiaa voimakkaasti, rikkoo pysyvästi vinnimekanismin, lyhentää varvasta ja vie voimaa jalkaterältä ja I-varpaalta. Kellerin resektioartroplastian seurauksena sesamluut vetäytyvät proksimaalisesti flexor hallucis breviksen katketessa I-varpaan tyven poiston seurauksena. Epävakausta ja ponnistusvoiman heikkous lisäävät viereisten varpaiden koukistusylioimintaa. Residivi vasaravarvasongelma ja MTP II-III luksaatiot voivat liittyä toimenpiteen jälkitiloihin.(2,4,5)

Kellerin resektion jälkitilan hoidossa suositellaan MTP I-nivelen artrodeesia palauttamaan vakautta ja kuormankantokykyä jalkaterän etumediaaliosaan. Artrodeesitoimenpide on teknisesti vaikea ja usein joudutaan käyttämään luunsiirrettä palauttamaan pituutta voimakkaasti lyhentyneeseen varpaaseen. Korjausleikkaus on komplikaatioaltis toimenpide ja sisältää usein lukuisia muita korjaavia toimenpiteitä. Kellerin jälkitilan korjaus vaatii paitsi kirurgista kokemusta, myös biomekaniikan ymmärtämystä häiriön laajuuden ymmärtämiseksi ja potilaan informoimiseksi toimenpiteen perusteista, riskeistä ja vaikutuksista. (2,4,5)

Huonoliikkeinen ja kivulias MTP I-nivel

Epäonnistuneen hallux valgus-kirurgian oireena on usein, valitusta leikkausmenetelmästä riippumatta, MTP I -nivelen kipu ja liikkeen rajoittuminen, mikä edelleen johtaa kävelyn muuttumiseen. Taustalla voi olla nivelen inkongruenssi liiallisen bunionektomian seurauksena, malunion, nivelen arpimuodostus tai tyvinivelen artroosi. Artroosia voi olla metatarsofalangeaalnivelen lisäksi metatarsaalin alla, sesamluiden liukupinnalla. MTP I-nivelen artrodeesin hyödyllisyydestä failed foot -revisiotoimenpiteenä on näyttöä

pitkäaikaisseurantatutkimuksessa (2). MTP I-artrodeesia tehtäessä on syytä välttää plantaaristen tukirakenteiden turhaa vaurioittamista (vrt. Keller), jotta toimenpiteestä saataisiin maksimaalinen biomekaaninen hyöty. Nivelpintojen anatominen verestys nk. ”pallo kupissa” -tekniikalla on suositeltavampaa, kuin suorat nivelpintojen sahaukset. I-varpaan lyhentymä jää tällöin myös vähäisemmäksi ja asennon määrittely helpottuu (6).

I-metatarsaalin lyhentymä ja elevatus

Päkiäkuormituksen tasaisen jakautumisen varmistamiseksi tulee I-metatarsaalin liiallista lyhentymistä ja kohottamista päkiälinjasta välttää. Nämä virheasennot estävät plantaarifaskian vinssimekanismin toimintaa ja heikentävät ponnistustoimintaa (7,8). Tämä on erityisen tärkeää huomioida proksimaalisissa hallux valgus-toimenpiteissä. Sekä lyhentymä, että elevatus-häiriö altistavat metatarsalgia-oireelle ja revisiotoimenpiteessä nämä tulee korjata, tarvittaessa luunsiirrettä käyttäen. I-metatarsaalin liiallinen plantaarifleksio aiheuttaa paineen nousua I MTP:n alla, kaarijalkavirheasentoa ja halluxin cocker-toe-virheasennon.

Korostunut intermetatarsaalikulma, primus metatarsus varus

Residiivi hallux valgus, jossa intermetatarsaalikulma (IMA) on korostunut, mutta IMA ja hallux valgus on korjattavissa, soveltuu Lapiduksen revisiotoimenpi-

teellä korjattavaksi (kuva 2a,b) (9,10). Virheasennon korjautuvuutta voi testata I-päkiän ponnistuksella (peroneus longus aktivoituu), komprimoimalla jalkaterää bunioseudusta tai teippaamalla jalkaterä distaalisten metatarsusten kohdalta. MTP I-nivelen sagittaalisen liikkuvuuden tulisi olla tallella ja suhteellisen kivuton. Lapidus on voimakkaasti hallux valgus-deformiteettiin vaikuttava leikkaustekniikka ja osin tämän takia vaativa toimenpide (10). Mikäli intermetatarsaalikulma ei korjaudu, nivelpinta on merkittävästi inkongruentti bunionektomian jäljiltä tai MTP I-nivel on artroottinen, suositellaan korjaus tehtäväksi MTP I-artrodeesilla (2). MTP I-artrodeesi kykenee korjaamaan intermetatarsaalikulmaa ilman proksimaalista metatarsuksen osteotomiaa (11).

Iatrogeeninen hallux varus

Hallux varus liittyy usein I-metatarsaalin luiseen ylikorjaukseen ja ekstensiiviseen pehmytkudosvapautteluun I-II metatarsaalivälissä (kapsulotomia, adduktor tenotomia), lateraalisen sesamluun poistoon ja mediaalisen nivelkapselin kiristykseen. MTP I-artrodeesi on soveltuva revisiotoimenpide jäykän ja kivuliaan, iatrogeenisen hallux varuksen hoidossa (2). Joustavassa hallux varuksessa voidaan harkita esim. extensor hallucis brevis –jännteellä (EHB) tapahtuvaa MTP I-nivelen lateraalista tenodeesitoimenpidettä yhdistettynä mediaalisen kapselin vapautteluun. (12)



Kuva 2 a) Failed foot, residiivi hallux valgus.



Kuva 2 b) Korjaus Lapiduksella.

II-III säteiden ongelmat

Hallux valgus-operaation jälkeiset vasaravarpaat, niiden residivointi trochlearesektion jälkeen, MTP II-III varpaiden luksoituminen, clavusongelma, metatarsalgia, II-III metatarsaalin rasisusmurtuma, TMT II-III artroosi kertovat kaikki epäonnistuneesta jalkaterän ja I-säteen biomekaniikan palauttamisesta. Varvasfleksoriylitoiminta voi jatkua, vaikka hallux valgus -virheasento olisi korjautunut operaatiossa, esim. Kellerin jälkitilassa. Syyinä tähän voi olla puutteellinen I-päkiän ponnistustoiminta (esim. vinnsimekanismin vaurio) tai hoitamaton jalkaholvin pronaatiohäiriö esim. progredioiva pes planovalgus (kireä gastrocnemius ja peroneus longus-toiminnan puute).

Vasaravarvasvirheasento on tyypillinen hallux valgus liittämisdeformiteetti. Fleksoriylitoiminnan (FDL) huomioiminen on tärkeää II-V-varpaiden virheasennon hoidossa. Perinteisen trochlearesektion jälkitilassa varvasvirheasento residivoi ennen pitkää jänneiden virheellisen toiminnan takia. Revisiotoimenpiteessä kartoitetaan I-säteen riittävä toiminta ja korjataan mahdollinen ponnistustoiminnan häiriötekijä, esim. Kellerin jälkitila. Residiivivasaravarpaan korjaus perustuu virheellisen koukistajaylitoiminnan ohjaamiseen korjaavaksi voimaksi. Tämän voi tehdä esim. FDL-siirron avulla, josta on kuvattu lukuisia tekniikoita (8,13). Koukistajajanteen siirron lisäksi balansoidaan usein ekstensoriryhmää tekemällä ekstensoripidennys. Myös varpaiden pikkunivelten luudutuksiin perustuvia tekniikoita on esitelty. Pääasia on, että virheellinen jännetoiminta saadaan ohjatuksi

varpaan asentoa korjaavaksi toiminnaksi. Huomioitavaa on, että II-V-varpaissa ei pidä tehdä MTP-niveltason artrodeeseja.

MTP II-III-luksaatioissa nk. plantar plate-rustolevy on vaurioitunut ja metatarsaalin pää painuu varpaan alle jänneiden vetäessä varvasta proksimaalisuuntaan (nk. plunger efekti) (8). Tämän vuoksi korjausleikkauksessa joudutaan edellä kuvatun jännebalansoinnin lisäksi siirtämään metatarsaalin nivelpintaa proksimaalisuuntaan esim. Weil-osteotomialla, kunnes MTP-nivel saadaan asettumaan paikoilleen. Varpaan asennon ylläpitämiseksi jännebalansoinnissa käytetään K-piikitystä.

Metatarsaali II-III rasisusmurtumat ja TMT-artroosi ovat ilmentymiä I-säteen heikosta kuormantokkyvystä ja lisääntyneestä vääntörasituksesta jalkaterän etuosassa, esim. gastrocnemiuskireyden seurauksena (3). Potilaalla voi olla ensioireena lisääntyneestä II TMT-rasituksesta esim. ganglionmuutos Lisfrancin niveltason kohdalla. Ongelman ydin ei tuolloin ole II TMT-nivel, vaan I-säde. Failed foot-tilanteessa keskitytään I-säteen toiminnan parantamiseen (kirurgia, peroneus longus-harjoittelu) ja nilkan liikealan normalisoimiseen (venytysohjelma, kirurgia) (kuva 3a,b) (14,15).

II-varpaan amputaation jälkitilassa metatarsalgia-oire on ongelmallinen, koska ponnistuksessa päkiäpainetta jakavaa varvasta ei ole ja II-säde on jäykkä eikä kykene väistämään ponnistuksessa siihen kohdistuvaa rasisusta. II-varpaan amputaation jälkitilaan liittyy usein myös viereisten I- ja III-varpaiden virheasennot. Korjausleikkauksessa voidaan joutua poistamaan koko



Kuva 3 a) *Gastrocnemius-kireys ennen faskian aukaisua.*



Kuva 3 b) *Liikeala faskian aukaisun jälkeen.*

II-säde (metatarsaali ja cuneiforme intermedius) ja lähentämään I- III-säde toisiaan vasten cuneiformetasta (kuva 4a,b).

Päkiälinjan MTP-nivelpintojen resektiot rikkovat yhteyden jalkaterän ja varpaiden väliltä (plantaarifasikian vinssimekanismi) ja ovat eräs tyypillinen failed foot-korjauksen aihe. Revision suunnittelu perustuu nilkan liikealan tarkistukseen, I-säteen ponnistuskyvyn palauttamiseen/parantamiseen ja resekoituneen niveltason vaurion korjaamiseen interpositioplastian avulla. Tekniikka perustuu ekstensorijänteen kääntöön vaurioituneen MTP-nivelen väliin siten, että varpaan ojentajajänteen katkaistu pää uitetaan metatarsaalin päälle alle korvaamaan plantar plate -rakennetta (kuva 5).



Kuva 4 a) II-vasarvarpaan amputaation jälkitila ja metatarsalgia. Kuva 4 b) Korjaus II-säteen poistolla.



Kuva 5. MTP I-artrodeesi ja interpositioplastia varpaan ojentajajänteellä päkiäresektion ja Kellerin jälkitilassa.

Yhteenveto

Potilas kokee vaivasenluun usein pattiongelmana. Ortopedin tulisi ymmärtää ongelma toiminnallisesta näkökulmasta, ei staattisena luuongelmana. Tähän ajatteluun päästään systemaattisella jalkapotiilaan kliinisellä tutkimuksella, askelluksessa tapahtuvan jalkaterän ja alaraajan normaalin toiminnan ymmärtämisellä (askelsykli) ja rutiinisti seisten otettujen natiiviröntgenkuvien käytöllä (1,3,5,8,16,17). Näillä tiedoilla muodostetaan kokonaiskäsitys potilaan alaraajan ja jalkaterän toiminnasta ja voidaan valita potilaan toimintakyvyille, riskitekijöille ja odotuksille sopiva hoitolinja. Ortopedin tulisi välttää ”oire – kuvantaminen – leikkaus” -mallia, joka liian usein johtaa väärään tulkintaan etujalan häiriön todellisista syistä (16,17). Failed foot-tilanteessa hoitovaihtoehtoja on rajoitetummin johtuen aiemmasta kirurgiasta ja potilaan tyytymättömyydestä aiempaan hoitoon. Failed foot -tilanteen biomekaaninen arviointi vaikeutuu entisestään muuttuneen askelluksen ja alaraajan sekundäärisen toiminnanhäiriön takia. Failed foot -revisiokirurgia perustuu ”normaalien kävelyn” perustoimintojen palauttamiseen. Hoidossa voidaan kombinoida konservatiivista ja operatiivista hoitoa. Korjausleikkauksessa käytetään lihaskireyden balansointia, artrodeeseja, jännetranspositio-/interpositiotoimenpiteitä ja osteotomioita. Failed foot-korjaus perustuu vain harvoin resektio- tai ekskiisitoimenpiteiden käyttöön.

Kirjallisuus

1. Torkki M: Surgery for hallux valgus. Academic Dissertation 2004, Helsinki University Hospital.
2. Grimes JS, Coughlin MJ: First metatarsophalangeal joint arthrodesis as a treatment for failed hallux valgus surgery. Foot Ankle Int. 2006;27:887-893.
3. DiGiovanni CW, Kuo R, Tejwani N, Price R, Hansen Jr, ST, Czie-necki J, Sangeorzan BJ: Isolated gastrocnemius tightness. J Bone Joint Surg Am. 2002;84-A:962-970.
4. Coughlin MJ, Mann RA: Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint as salvage for the failed Keller procedure. J Bone Joint Surg Am. 1987;69-A:68-75.
5. Vienne P, Sukthankar A, Favre P, Werner CML, Baumer A, Zingg PO: Metatarsophalangeal joint arthrodesis after failed Keller-Brandes procedure. Foot Ankle Int. 2006;27:894-901.
6. Goucher NR, Coughlin MJ: Hallux metatarsophalangeal joint arthrodesis using dome-shaped reamers and dorsal plate fixation: a prospective study. Foot Ankle Int. 2006;27:869-876.
7. Hurst JM, Nunley JA: Distraction osteogenesis for the shortened metatarsal after hallux valgus surgery. Foot Ankle Int. 2007;28:194-198.

8. Stainsby GD: Pathological anatomy and dynamic effect of the displaced plantar plate and the importance of the integrity of the plantar plate – deep transverse metatarsal ligament tie-bar. *Ann R Coll Surg Engl.* 1997;79:58-68.
9. Coetzee JC, Resig SG, Kuskowski M, Saleh KJ: The Lapidus procedure as salvage after failed surgical treatment of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:30-36.
10. Toolan BC: Surgical Strategies: The Lapidus procedure. *Foot Ankle Int.* 2007;28:1108-1114.
11. Pydah SKV, Toh EM, Sirikonda SP, Walker CR: Intermetatarsal angular change following fusion of the first metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int.* 2009;30:415-418.
12. Myerson MS. Hallux valgus. In: *Foot and ankle disorders*, vol 1. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2000. p. 269-273.
13. McGlamry ED, Jimenez AL, Green DR. Lesser ray deformities. In: *McGlamry's forefoot surgery*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004. p.75-79.
14. Tellisi N, Elliott AJ: Gastrocnemius aponeurosis recession: modified technique. *Foot Ankle Int.* 2008;29:1232-1234.
15. Jung HG, Myerson MS, Schon LC: Spectrum of operative treatments and clinical outcomes for atraumatic osteoarthritis of the tarsometatarsal joints. *Foot Ankle Int.* 2007;28:482-489.
16. Biga, N: Clinical examination of the foot and the ankle. Data collection and interpretation of the pathogenic causal sequence of disorders. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2009;95S:41-48.
17. King DM, Toolan BC: Associated deformities and hypermobility in hallux valgus: an investigation with weightbearing radiographs. *Foot Ankle Int.* 2004;25:251-255.