Jaakko Kuismanen

PILON-MURTUMIEN LEIKKAUSKOMPLIKAATIOT TURUN YLIOPISTOLLISESSA KESKUSSAIRAALASSA VUOSINA 2018-2022

Syventävien opintojen kirjallinen työ

Kevätlukukausi 2025

Jaakko Kuismanen

PILON-MURTUMIEN LEIKKAUSKOMPLIKAATIOT TURUN YLIOPISTOLLISESSA KESKUSSAIRAALASSA VUOSINA 2018-2022

Kliininen laitos, Traumatologia ja ortopedia

Kevätlukukausi 2025

Vastuuhenkilöt: LT Heli Keskinen, LT Elina Ekman

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO
Lääketieteellinen tiedekunta
KUISMANEN JAAKKO: Pilon-murtumien leikkauskomplikaatiot Turun yliopistollisessa keskussairaalassa vuosina 2018–2022
Syventävien opintojen kirjallinen työ, 26 s.
Kliininen laitos, Traumatologia ja ortopedia
Kevätlukukausi 2025

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia Turun yliopistollisessa keskussairaalassa (Tyks) aikavälillä 2018–2022 hoidettujen pilon-murtumien riskitekijöiden ja leikkausmenetelmien vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen. Lisäksi tutkimuksessa tutkittiin uusintaleikkausten määriä sekä syitä. Komplikaatioiden syitä tutkimuksessa olivat syvä infektio sekä murtuman asennon pettäminen. Uusintaleikkausten syitä olivat infektio, luutumattomuus sekä levykiinnityksen aiheuttama kipu ja/tai toiminnallinen haitta nilkan funktioon. Komplikaatioon liittyviä tutkimustuloksia vertailtiin kirjallisuuteen.

Tutkimukseen valittiin kaikki Tyksissä aikavälillä 2018–2022 operoidut potilaat, joilla todettiin pilon-murtuma. Pilon-murtumiksi hyväksyttiin ne murtumat, joiden morfologia täytti Ruedi-Allgower- sekä AO/OTA-luokituksen B- ja C-luokan murtumien kriteerit. Potilaiden sairauskertomusmerkinnöistä kerättiin tarvittavat tiedot. Murtumien hoitomenetelminä olivat murtuman sisäinen kiinnitys (ORIF), kaksivaiheinen leikkaushoito sekä ulkoisen kiinnityslaitteen (eksterni fiksaattori) käyttö definitiivisenä hoitomentelmänä.

Tutkimusaineisto sisälsi 44 potilasta. Potilaista 11 % (n=5) todettiin syvä infektio sekä yhdellä potilaalla lisäksi samanaikainen osteosynteesin katkeaminen. Tutkimuksessa infektioriskiin vaikutti tilastollisesti merkitsevästi avomurtuman osallisuus. Sukupuolella, diabeteksellä, tupakoinilla, ASO-taudilla tai alkoholin ongelmakäytöllä ei todettu tilastollisesti merkitsevää vaikutusta infektioriskiin. Myöskään leikkausmenetelmillä ei todettu tilastollisesti merkitsevää vaikutusta infektioriskiin.

Syvien infektioiden esiintyvyys vastasi kirjallisuudessa raportoituja lukuja. Tutkimuksen avomurtumista 44 % (n=4) kehitti syvä infektion. Esiintyvyys oli kirjallisuuteen verrattuna korkeampi. Tätä voi selittää avomurtumien vaikeusaste. Diabetes ja ajankohtatainen tupakointi ovat kirjallisuudessa raportoituja riskitekijöitä. Tässä tutkimusessa niiden ei todettu vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi syvien infektioiden esiintyvyyteen, vaikka syvät infektiot olivat yleisiä kyseisten potilasryhmien kohdalla. Murtumien eri hoitomenetelmillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta infektioriskiin.

Tämän tutkimuksen perusteella pilon-murtumien ORIF:n keskeisin tavoite on pyrkiä palauttamaan nilkan alkuperäinen anatomia. Leikkaushoito tulee tehdä mahdollisimman vähäisillä ihoavauksilla, mutta parhaaseen leikkaustulokseen pääsemiseksi käytettyjen ihoavausten tai levykiinnitysten määriä ei tarvitse rajoittaa. Tutkimuksessa avomurtumilla todettiin olevan tilastollisesti merkitsevä vaikutus infektioiden esiintyvyyteen. Siten pilon-murtumaan liittyvän avomurtuman hoidossa infektioriskiä tulee pyrkiä pienentämään eri hoitomenetelmillä.

Avainsanat: Pilon-murtuma, komplikaatio

Sisällysluettelo

1 Johdanto 5

2 Pilon-murtuma 6

2.1 Epidemiologia 6

2.2 Nilkkanivelen anatomia 6

2.3 Etiologia ja patofysiologia 7

2.4 Diagnoosi ja luokittelu 9

2.5 Liitännäisvammat 12

2.6 Leikkaushoito 12

2.7 Komplikaatiot 14

3 Tutkimuksen tarkoitus 16

4 Aineisto ja menetelmät 17

4.1 Aineisto 17

4.2 Menetelmät 17

5 Tulokset 19

5.1 Potilasdemografia 19

5.2 Hoito 19

5.3 Uusintaleikkaukset ja komplikaatiot 20

6 Pohdinta 21

7 Lähteet 23

1 Johdanto

Pilon-murtuma on distaalisen sääriluun nivelensisäinen murtumatyyppi, jossa murtumalinja jatkuu sääriluun nivelpinnalta proksimaalisesti metafyysin korteksille. Sen osuus sääriluun murtumista on 5–10 % [1]. Murtuman taustalla on usein korkeaenerginen vamma, jonka vuoksi liitännäisvammat ovat yleisiä [2].

Pilon-murtumien hoito on operatiivista. Operatiivinen hoitomenetelmän valintaan vaikuttavat murtuman morfologia sekä liitännäisvammat. Yleisin hoitomenetelmä on ORIF käyttäen lukkolevykiinnityksiä. ORIF voidaan tehdä suoraan ilman viivettä leikkauksessa. Etenkin pirstaleisiin murtumiin (AO/OTA-luokituksen C2- ja C3-luokan murtumat) ja avomurtumiin liittyvät merkittävät pehmytkudosvauriot, jolloin murtuman kiinnitys tapahtuu kaksivaiheisesti. Kaksivaiheisessa hoidossa murtuman tukemiseen käytetään pehmytkudosturvotusten ajan eksterniä fiksaattoria, jonka jälkeen tehdään ORIF. [3]

Pelätyin hoitokomplikaatio on infektio, ja etenkin syvä infektio. Sen esiintyvyys kirjallisuudessa on 2–19 %. Infektioille altistavia riskitekijöitä ovat etenkin murtuman pirstaleisuus sekä avomurtuma. Syvät infektiot johtavat uusintaleikkaukseen. [4] Yleinen myöhäisvaiheen komplikaatio on posttraumaattinen nivelrikko. Sen esiintyvyys on korkea, jopa yli 50 %:lle kehittyy röntgenkuvissa todettava nivelrikko neljän vuoden kuluessa murtumasta. Yleisiä myöhäisvaiheen haittoja ovat nilkan jäykkyys, kipu sekä turvottelu. [2] Luutuneen murtuman myöhäisvaiheen leikkauksen syynä on osteosynteesin poisto sen aiheuttaman kivun ja/tai toiminnallisen haitan vuoksi.

2 Pilon-murtuma

2.1 Epidemiologia

Pilon-murtumien osuus kaikista alaraajojen murtumista on noin 1 % ja sääriluun murtumista 5–10 % [1, 5–7]. Murtumat ovat miehillä hieman yleisempiä naisiin verrattuna [6–8]. Esiintyvyyden on raportoitu olevan korkeimmillaan 40–50 vuoden iässä [6, 8–10]. Nuoremmilla murtuman taustalla on usein korkeaenerginen vamma [2]. Matalaenergisten murtumien määrät ovat kuitenkin lisääntymässä väestön ikääntymisen takia. Näiden murtumien taustalla on heikentynyt luun laatu osteopenian sekä osteoporoosin takia. Tämän potilasryhmän osalta leikkaushoidon ja paranemisen haasteita tuovat myös potilaan perussairaudet kuten diabetes sekä ASO-tauti. [11]

2.2 Nilkkanivelen anatomia

Talokruraalinivel (lat. *articulatio talocruralis*) eli TC-nivel on telaluun (lat. *talus*) sekä sääri- (lat. *tibia*) ja pohjeluun (lat. *fibula*) muodostaman nivelhaarukan välinen sarananivel. TC-nivel on synoviaalinivel jota ympäröi nivelkapseli sekä useat niveltä tukevat nivelsiteet (ligamentit). Telaluun, sääriluuhun niveltyvä rustoinen nivelpinta on muodoltaan kupera. Vastaisesti sääriluun rustoinen nivelpinta on muodoltaan kovera. Sääriluun alaosa muodostaa telaluun kanssa painoa kantavan rakenteen. Pohjeluu puolestaan niveltyy telaluun ulkoreunalle eikä ole siten painoa kantava rakenne vaan toimii sivusuuntaisen tukevuuden lisääjänä. TC-nivel mahdollistaa nilkan fleksion eli dorsaalifleksion ja ekstension eli plantaarifleksion. [12] Nivel saa verenkiertonsa etummaisesta ja takimmaisesta säärivaltimosta (lat. *arteria tibialis anteriror et posterior*) sekä pohjevaltimosta (lat. *arteria fibularis*). Valtimot muodostavat keskenään yhteyksiä eli anastomooseja nivelen ympärillä. Nivelen hermotus mukailee nilkkanivelen liikkeistä vastaavien lihasten ja ihotunnon hermotusta. Hermotuksesta vastaavat säärihermo (lat. *nervus tibialis*) ja pohjehermon syvempi haara (lat. *nervus peroneus profundus*) sekä kyseisten hermon haarat. [13] TC-nivelen nivelsiteet voidaan lateraalisiin, mediaalisiin ja syndesmoottisiin nivelsiteisiin [14].

Lateraalisiin nivelsiteisiin lukeutuvat etummainen ja takimmainen pohjeluu-telaluunivelside (lat. *ligamentum talofibulare anterius et posterius,* FTA ja FTP) sekä pohjeluu-

kantaluunivelside (lat. *ligamentum calcaneofibulare*, FC). FTA-nivelside lähtee ulkokehräksen (lat. *malleolus lateralis*) etureunasta etuviistoon ja kiinnittyy telaluun (lat. *talus*) kaulaan. FTP-nivelside lähtee lähes vaakatasossa ulkokehräksen takareunasta ja kiinnittyy telaluun takaosaan. FC-nivelside lähtee ulkokehräksen kärjestä alaspäin ja kiinnittyy kantaluun (lat. *calcaneus*) ulkoreunalle. Mediaalisiin nivelsiteisiin kuuluu deltanivelside (lat. *ligamentum deltoideum*). Se muodostuu pinnallisesta, että syvästä kerroksesta ja se voidaan jakaa kolmeen eri osaan. Deltanivelside lähtee sisäkehräksen (lat. *malleolus medialis*) alareunasta ja sen eri osat kiinnittyvät telaluuhun, kantaluuhun sekä veneluuhun (lat. *naviculare*). Syndesmoosi (lat. *syndesmosis*) on sidekudoksinen ligamenttirakenne, joka kiinnittyy sääriluun ja pohjeluun välille tukevoittaen nivelhaarukkaa. [14] Syndesmoosi muodostuu neljästä eri osasta, joita ovat seuraavat: Luuvälin nivelside (lat. *ligamentum interosseus*) on sidekudoksinen kalvomainen rakenne, joka kiinnittyy sääri- ja pohjeluun välille. Etummainen sääri-pohjeluunivelside (lat. *ligamentum tibiofibulare anterius*) kiinnittyy viistosti sääriluun anterolateraalisen reunan luisen kyhmyn (lat. *tuberculum anterolaterale tibiae,* engl. *Chaput tubercle*) ja pohjeluun ulkokehräksen etureunan välille. Takimmainen sääri-pohjeluunivelside (lat. *ligamentum tibiofibulare posterirus*) kiinnittyy sääriluun posterolateraalisen reunan luisen kyhmyn (lat. *tuberculum posterolaterale tibiae*, engl. *Volkmann tubercle*) ja pohjeluun takareunan välille. Poikittainen sääri-pohjeluunivelside (lat. *ligamentum tibiofibulare transversum*) kiinnittyy sääriluun takareunan ja pohjeluun ulkokehräksen takareunan välille. [15]

2.3 Etiologia ja patofysiologia

Pilon-murtuma on distaalisen sääriluun nivelensisäinen (intra-artikulaarinen) murtumatyyppi, jossa murtumalinja jatkuu sääriluun nivelpinnalta proksimaalisesti sääriluun metafyysiin korteksiin. Murtuman morfologiaan sekä liitännäisvammojen esiintyvyyteen vaikuttavat vammaenergia ja -mekanismi. Murtumien morfologia on moninainen, murtumakappaleiden määrät sekä murtumalinjojen suunnat voivat vaihdella.[16] Murtuman syntymisen kannalta keskeisenä mekanismina on sääriluun aiheuttama, aksiaalisesti suuntautuva paine telaluuta vasten, minkä seurauksena sääriluun nivelpinta murtuu usein useaksi erilliseksi murtumakappaleeksi murtumalinjan jatkuessa proksimaalisesti metafyysiin. [9]

Pilon-murtumien taustalta voidaan tunnistaa kolme erilaista vammatyyppiä [17]. Yleisin vammatyyppi on korkeaenerginen vamma, joka voi liittyä esimerkiksi putoamistapaturmiin.

Nämä murtumat ovat usein pirstaleisia, murtumakappaleet ovat dislokoituneita ja liitännäisvammat ovat merkittävimmät. Toisena vammatyyppinä on kierteinen vamma, joka voi liittyä esimerkiksi laskettelutapaturmaan. Murtuman vammamekanismina on sääriluun kiertyminen ja sen samanaikainen paine telaluuta vasten. Kyseisissä murtumissa murtumalinja jatkuu sääriluun diafyysiltä distaalisesti, sekä kierteisesti sääriluun nivelpinnalle. Muodostuneet murtumakappaleet ovat usein kookkaita ja niiden dislokoituminen on vaihtelevaa. [16] Kolmantena vammatyyppinä ovat iäkkäiden matalaenergiset vammat, jotka johtuvat osteopeniasta tai osteoporoosista. Heikentyneen luun laadun vuoksi pilon-murtuma voikin syntyä esimerkiksi nilkan nyrjähdyksen yhteydessä. Matalaenergisissä murtumissa murtumakappaleiden dislokoituminen on usein vähäistä. [11]

Pilon-murtumalle tyypillinen morfologia syntyy usein jalkaterän ollessa neutraalissa asennossa vammahetkellä. Sääriluun aiheuttaman aksiaalisesti suuntautuvan paineen vuoksi se iskeytyy telaluun kuperaa nivelpintaa vasten. Tämä johtaa sääriluun nivelpinnan murtumisen kolmeksi murtumakappaleeksi murtumalinjojen jatkuessa proksimaalisesti metafyysiin. Nivelpinnan tietokonetomografia (TT) kuvien aksiaalisesta leikkeestä voidaan tällöin tunnistaa ”Y-kirjainta” muistuttava murtumalinja, joka erottaa murtumakappaleet. [9, 17]

TC-nivelen ja syndesmoosin nivelesiteet vaikuttavat murtumakappaleiden muodostumiseen. Tyypillisissä pilon-murtumissa murtumakappaleita voidaan tunnistaa kolme. Nivelpinnan anterolateraalinen murtumakappale on Chaputin murtumakappale, johon kiinnittyy syndesmoosin etummainen sääri-pohjeluunivelside. Nivelpinnan posterolateraalinen murtumakappale on Volkmannin murtumakappale, johon kiinnittyy syndesmoosin takimmainen sääri-pohjeluunivelside. Nivelpintaan nähden mediaalisesti sijaitsee mediaalinen murtumakappale, johon kiinnittyy deltanivelside. [9, 17] Pilon-murtumien morfologinen vaihtelu on suurta eivätkä murtumakappaleiden määrät ja muodot sekä murtumalinjojen suunnat ole vakioita. Murtumakappaleita voi olla yksi tai useampi, ja murtumalinjojen suunnat voivat vaihdella. [16] Näistä voidaan kuitenkin tunnistaa edellä mainittuja murtumakappaleita.

Murtumakappaleiden ja murtumalinjojen muodostumiseen vaikuttaa myös nilkan asento vammahetkellä. Nilkan neutraaliasento johtaa koko sääriluun nivelpinnan murtumiseen.

Nilkan fleksion seurauksena murtuma painottuu nivelpinnan etuosaan ja vastaisesti nilkan ekstensiossa nivelpinnan takaosaan. [18]

2.4 Diagnoosi ja luokittelu

Pilon-murtuman diagnostiikka perustuu kliinisen kuvan arvioon sekä kuvantamistutkimuksiin. Anamneesissa on usein alaraajaan kohdistunut korkeaenerginen vamma esimerkiksi putoamistapaturman seurauksena. Iäkkäämmillä murtuma voi olla myös seurausta matalaenergisestä vammasta. Kliinisessä tutkimuksessa voidaan todeta TC-nivelen seutuun painottuvaa pehmytkudosten turvotusta, johon voi liittyä ihon rakkulointia sekä nekroosia. Virheasennon toteaminen viittaa pirstaleiseen murtumaan. Avomurtumaan liittyviä löydöksiä ovat ihon haavaumat sekä murtumaraon paljastuminen TC-nivelen seudussa. Pilon-murtuman diagnoosi tehdään kuvantamistutkimuksilla. Ensisijaisena kuvantamistutkimuksena on nilkan natiiviröntgen. Tämän jälkeen tehdään nilkan TT-kuvaus, jolla diagnoosi voidaan viimeistään varmistaa ja saadaan tehtyä murtuman tarkempi morfologinen arvio. Murtumia voidaan vielä luokitella kuvantamistutkimuksissa nähtävän morfologian perusteella. [19]

Pilon-murtumien luokitteluun on käytössä useita eri luokittelujärjestelmiä. Kaksi tunnetuinta ja yleisimmin käytössä olevaa luokittelujärjestelmää ovat Ruedi-Allgowerin sekä AO/OTA-luokitukset. [9,20] Sekä Ruedi-Allgower- että AO/OTA-luokitus perustuvat murtumien luokitteluun nilkan röntgenkuvassa nähtävän morfologian mukaan [21].

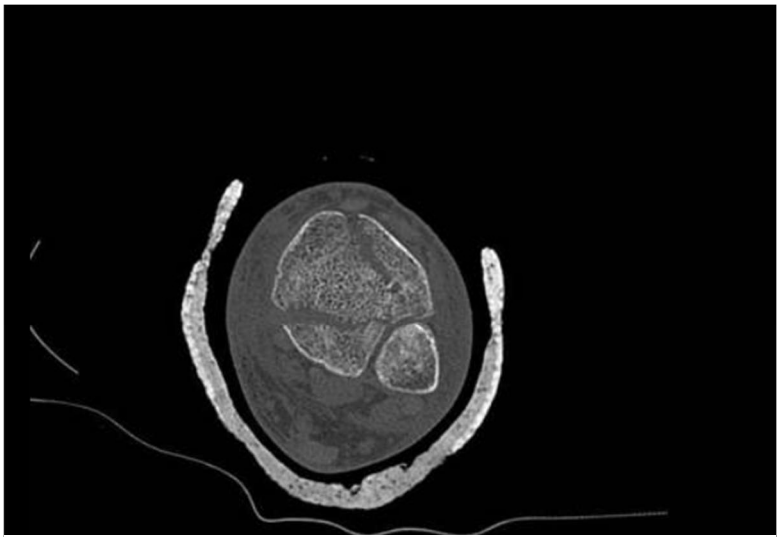
Ruedi-Allgowerin-luokitus on näistä luokittelujärjestelmistä vanhin. Siinä pilon-murtumat on luokiteltu kolmeen eri luokkaan sääriluun nivelpinnan murtumakappaleiden määrän sekä dislokaation perusteella. Tyypin I murtumissa nivelpinnan murtumakappaleiden välillä ei havaita dislokaatiota. Tyypin II murtumissa nivelpinnan murtumakappaleiden välillä on dislokaatiota, mutta murtuman ei todeta olevan pirstalenen. Tyypin III murtumissa nivelpinta on pirstaleinen ja murtuman pirstaleisuus jatkuu sääriluun metafyysiin. [16, 22] Tyypin I murtumien taustalla on usein kierteinen vamma. Tyypin II ja III murtumat syntyvät usein korkeaenergisten vammojen seurauksina. Tyypin III murtumien on raportoitu olevan kaikkein yleisimpiä. Tyypin III murtumat ovat kaikkein vaikeahoitoisimpia ja niihin liittyy usein merkittävimmät liitännäisvammat. [22, 23] Ruedi-Allgowerin-luokituksen yksi heikkouksista on se, että luokitus yksinkertaistaa murtumat vain kolmeen eri luokkaan. Saman luokan sisällä

murtumien morfologiassa on vaihtelua, jonka vuoksi pelkän luokituksen perustella ei voida valita hoitolinjaa. [23]

AO/OTA-luokitus on kehitetty distaalisten sääriluun murtumien luokitteluun. Luokittelussa murtumat on jaettu niiden morfologian perusteella kolmeen eri pääluokkaan, ja näiden sisällä vielä kolmeen eri alaluokkaan. Pääluokitus jakaa murtumat ekstra-artikulaarisiin murtumiin (A-luokka), osittaisiin intra-artikulaarisiin murtumiin (B-luokka) sekä täysin intra-artikulaarisiin murtumiin (C-luokka). Alaluokissa murtumat on vielä luokiteltu pirstaleisuuden mukaan. Pilon-murtumina voidaan pitää B- ja C-luokan murtumia. [16, 24] B-luokan murtumissa murtumalinja halkaisee sääriluun nivelpinnan ja murtumalinja jatkuu proksimaalisesti metafyysiin korteksille. Osa nivelpinnasta ja metafyysistä säilyy siten ehjänä. B-luokan murtumat siten poikkeavat tyypillisistä pilon-murtumista, joissa koko sääriluun nivelpinta on murtunut erikokoisiksi murtumakappaleiksi eikä metafyysin korteksi säily ehjänä. Tyypillisinä pilon-murtumina voidaan pitää AO/OTA-luokituksen C-luokan sekä Ruedi-Allgowern luokituksen murtumia [17]. AO/OTA-luokituksen B-luokkaan kuuluvia murtumia voidaan kuitenkin pitää pilon-murtumina, sillä sääriluun murtuma on nivelensisäinen ja murtumalinja jatkuu metafyysin korteksille. AO/OTA-luokituksessa pilon-murtumien erilainen morfologia on otettu paremmin huomioon verrattuna Ruedi-Allgowerin luokitukseen. Murtumien tarkempi morfologinen arvio vaatii kuitenkin TT-kuvantamista eikä pelkän AO/OTA-luokituksenkaan perusteella voida siten valita hoitolinjaa [19].

Pilon-murtumien diagnostiikan ja hoitolinjan tukena käytetään nykyään TT-kuvantamista ja 3D-mallintamista. [19] Nämä antavat tarkan käsityksen murtuman morfologiasta. Pilon-murtumien luokitteluun on tullut TT-kuvantamiseen perustuvia luokittelujärjestelmiä, joita ovat mm. Toplissin- ja Leonettin-luokitukset. Kyseiset luokitukset ovat kuitenkin monimutkaisia ja niiden käyttäminen kliinisessä työssä on vähäistä. [17,21]

Kuva 1: Kuvassa AO/OTA-luokituksen C-luokan murtuma. Liitännäisvammana distaalinen pohjeluun murtuma. Lähde: Case courtesy of Camille Janet Dunn, Radiopaedia.org, rID: 64937



Kuva 2: Kuvassa on kuvan 1 sääriluun nivelpinnan TT-kuvien aksiaalinen leike. Kuvassa nähdään sääriluun nivelpinnan kolme tyypillistä murtumakappaletta. . Lähde: Case courtesy of Camille Janet Dunn, Radiopaedia.org, rID: 64937.

2.5 Liitännäisvammat

Pilon-murtumien taustalla on usein korkeaenerginen vamma, jonka vuoksi liitännäisvammat ovat yleisiä. Erityisesti pirstaleisiin murtumiin liittyvät merkittävimmät pehmytkudosvauriot. [2] Murtumat aiheuttavat nilkan alueella pehmytkudosturvotusta, ja tähän voi liittyä ihon rakkulointia sekä nekroosia [2, 24]. Nilkan alueella iho on myös erittäin ohutta mikä altistaa haavakomplikaatioille sekä -infektioille [25]. Pilon-murtumiin voi liittyä samanaikainen distaalisen pohjeluun murtuma. Samanaikaisen pohjeluun murtuman esiintyvyyden on raportoitu vaihtelevan 70–90 % välillä. [10,22] Avomurtumien esiintyvyyden on raportoitu vaihtelevan 10–50 % välillä [18, 22]. Muita harvinaisempia liitännäisvammoja ovat säären aitiopaineoireyhtymä sekä alaraajan hermo- ja verisuonivammat [16,26].

2.6 Leikkaushoito

Pilon-murtumien hoito on operatiivista. Operatiivisella hoidolla pyritään palauttamaan nivelen alkuperäinen anatomia [18]. Hoitomenetelmän valintaa vaikuttaa etenkin murtuman morfologia ja tämän arvioimiseen käytetään TT-kuvantamista [19]

Eksterniä fiksaattoria käytetään usein osana kaksivaiheista hoitoa, sitä voidaan kuitenkin myös käyttää murtuman definitiivisenä hoitomuotona. Kaksivaiheiseen hoitoon päädytään pehmytkudosturvotusten sekä -vaurioiden vuoksi. Liian aikaisen murtuman kiinnityksen on todettu lisäävän infektioiden sekä haavakomplikaatioiden riskiä ja johtavan huonoon kliiniseen lopputulokseen [3, 16]. Kaksivaiheisessa hoidossa eksterniä fiksaattoria käytetään murtuman tukemiseen, kunnes pehmytkudosten turvotus on väistynyt ja ORIF voidaan toteuttaa. Eksterni fiksaattori sekä tukee murtumaa, että myös vähentää murtuman kierteisyyttä sekä palauttaa sääriluun anatomista pituutta. Yleisin käytössä oleva eksterni fiksaattori on ”delta-frame”. Lopullisen murtuman kiinnityksen ajankohdan sanelee pehmytkudosten tilanne. Tämän suhteen ei ole selkeitä hoitolinoja ja lopullinen ajankohta riippuukin hoitavan lääkärin arviosta. Yleisenä periaatteena on pidetty, että ORIF voidaan toteuttaa, kun leikkausalueen iho saadaan rypistettyä. Eksterniä fiksaattoria voidaan käyttää myös pilon-murtuman definitiivisenä hoitomuotona ja siihen voi liittyä lisäksi murtumakappaleiden kiinnitys ruuvikiinnityksin. Kun päädytään käyttämään eksterniä fiksaattoria definitiivisenä hoitomuotona, on kyseessä usein pirstaleinen avomurtuma, johon liittyy merkittävät pehmytkudosvauriot. [3]

Pilon-murtumien yleisin operatiivinen hoitomuoto on ORIF erilaisilla osteosynteesimenetelmillä. Mikäli murtuman liitännäisvammana on distaalisen pohjeluun murtuma, sen kiinnitys tehdään usein ORIF:n yhteydessä [24]. Useimmiten ORIF:ssä käytetään lukkolevyjä, ja samanaikaisesti voidaan käyttää lisäksi ruuvikiinnityksiä. ORIF:n ajankohdan sanelee pehmytkudosten tilanne ja se voidaan toteuttaa joko suoraan tai kaksivaiheisesti. [16] Erilaisia leikkaushoidossa käytettäviä ihoavauksia on useita. Ihoavaukset on nimetty ihoavauksen suunnan perusteella. Ihoavauksen valintaan vaikuttaa murtuman morfologia. ORIF:ssä voidaan joutua käyttämään myös useampaa ihoavausta. [24] Yleisimmäksi ihoavaukseksi on raportoitu mediaalinen avaus. Sen jälkeen yleisyysjärjestyksessä tulevat anterolateraalinen, anteromediaalinen ja posterolateraalinen ihoavaus. [4] Mediaalisessa avauksessa ihoavaus tehdään vinosti sisäkehräksen kärkeen. Kyseistä avausta käytetään, kun murtuma sijaitsee mediaalisesti nivelpintaan nähden. Anterolateraalisessa avauksessa ihoviilto aloitetaan distaalisesti noin 4 cm etäisyydeltä TC-nivelestä jatkaen sitä proksimaalisesti pohjeluun etureunaan. Kyseistä ihoavausta käytetään, kun murtuma sijaitsee lateraalisesti nivelpintaan nähden. Anteromediaalisessa avauksessa ihoviilto aloitetaan sisäkehräksen kärjestä jatkaen sitä proksimaalisesti ja anteromediaalisesti TC-niveleen. Kyseistä ihoavausta käytetään kun, murtuma sijaitsee mediaalisesti nivelpintaan nähden. [24] Posterolateraalisessa avauksessa ihoviilto tehdään akillesjänteen lateraalipuolelle ja tätä käytetään etenkin posterioristen murtumien hoidossa [16, 27]

Kuva 3: Kuvassa nilkan natiiviröntgen levytetystä pilon-murtumasta. Lähde: Case courtesy of Camille Janet Dunn, Radiopaedia.org, rID: 64937

2.7 Komplikaatiot

Pilon-murtumat ovat alttiita infektioiden kehittymiselle. Kirjallisuudessa pilon-murtumiin liittyvien infektioiden esiintyvyys vaihtelee. Pilon-murtumiin liittyvien syvien infektioiden esiintyvyydeksi on raportoitu 2–19 % [4, 25, 28]. Pinnallisten infektioiden esiintyvyydeksi on raportoitu 3–8 % [4, 29]. Eräässä 581 potilaan retrospektiivisessä kohorttitutkimuksessa syvien infektioiden esiintyvyys oli 19 % ja pinnallisten infektioiden esiintyvyys 8 %. Tutkimukseen sisällytettiin AO/OTA-luokituksen B- ja C-luokan murtumat. Infektioiden esiintyvyyksien vaihtelun on ajateltu johtuvan ainakin osittain syvien infektioiden eroavista määrittelyistä. [4] Yleisimmin infektion aiheuttaa S. aureus [25, 30]. Riskitekijöitä infektion kehittymiselle ovat ajankohtainen tupakointi, diabetes, avomurtuma sekä murtuman pirstaleisuus. Avomurtumiin liittyvien syvien infektioiden esiintyvyydeksi on raportoitu 23–28 %. [4, 25] Suljettuihin murtumiin liittyvien syvien infektioiden esiintyvyydeksi on raportoitu 11 %. Suljettujen murtumien infektioriskiä nostaa murtuman pirstaleisuus. [25] Avomurtumiin liittyvien traumaattisten haavojen sijainnilla on raportoitu olevan vaikutusta infektioriskiin. Nilkkaniveleen nähden mediaalisesti ja anteriorisesti sijaitsevien haavojen on raportoitu nostavan riskiä syvien infektioiden kehittymiselle. [28] Avomurtumien operatiivinen hoito toteutetaan usein kaksivaiheisesti pehmytkudosturvotuksen ja -vaurioiden

vuoksi. Näiden murtumien osalta on raportoitu, että suurempi infektioriski liittyy murtumiin, joiden lopullinen leikkaushoito on toteutettu 24 tunnin sisään vammasta verrattuna kaksivaiheisesti hoidettuihin murtumiin [4]. Toisaalta murtuman lopullisen kiinnityksen pitkittyminen yli kahteen viikkoon on todettu lisäävän infektioriskiä [25]. Eräässä suljettujen murtumien infektioriskiä käsittelevässä retrospektiivisessä tutkimuksessa vertailtiin vammasta 24 tunnin sisään leikattujen ja kaksivaiheisesti hoidettujen potilaiden välistä infektioriskiä. Näiden ryhmien välillä ei todettu eroa infektioriskin suhteen, toisaalta akuuttivaiheessa leikatut potilaat olivat tavallisesti nuorempia ja naispuolisia. [2] Eksterniä fiksaattoria käytetään osana murtuman kaksivaiheista hoitoa. Sen käyttöön liittyvien infektioiden esiintyvyydeksi on raportoitu 23 % ja infektion ilmaantuminen liittyy todennäköisemmin avomurtumaan [31]. Ihoavausten vaikutus infektioriskiin vaihtelee kirjallisuuden sisällä. On raportoitu, että mediaaliseen avaukseen liittyisi pienempi infektioriski, kun taas anteromediaaliseen sekä posterolateraaliseen ihoavaukseen liittyisi suurentunut infektioriski [2]. Toisaalta on myös raportoitu, että ihoavausten suunnalla sekä määrillä ei olisi vaikutusta infektioriskiin [4].

Muita pilon-murtumien hoitoon liittyvä komplikaatioita ovat murtuman luutumattomuus sekä murtuman kiinnityksen pettäminen. Murtuman luutumattomuuden esiintyvyydeksi on raportoitu 1–25 % [29]. Luutumattomuuden taustalla on usein infektio [32]. Sen riskitekijät ovat siten samoja kuin infektioriskiä lisäävät riskitekijät. Murtuman kiinnityksen pettämisen taustalla on usein infektio [29]. Infektion seurauksena murtuman luutuminen on puutteellista mikä lisää kiinnitysten mekaanista stressiä aiheuttaen kiinnitysten katkeamisen. Infektio myös heikentää kiinnitysmateriaalien kiinnityksiä.

Myöhäisvaiheen komplikaatioihin lukeutuu posttraumaattinen artroosi. Sen riski on merkittävästi kohonnut johtuen pilon-murtuman luonteesta. Posttraumaattisen artroosin riskiä kasvattavat erityisesti murtuman pirstaleisuus sekä nivelpinnan rustovauriot [14]. On raportoitu, että AO/OTA-luokituksen C3-luokan murtumista yli 50 % on kehittänyt neljän vuoden kuluessa radiologisen posttraumaattisen artroosin [2].

Leikkauksen jälkeisinä, yleisinä haittavaikutuksina ovat nilkan kipu, jäykkyys sekä turvottelu [2]. Myöhäisvaiheessa päädytään joskus poistamaan lukkolevy- sekä ruuvikiinnityksiä nilkan kivun ja liikerajoituksen vuoksi.

3 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa Tyksissä aikavälillä 2018–2022 hoidettujen pilon-murtumien riskitekijöiden ja leikkausmenetelmien vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen. Lisäksi kartoitettiin uusintaleikkausten määrät sekä syyt. Komplikaatioiden syitä olivat syvä infektio sekä murtuman asennon pettäminen. Uusintaleikkausten syitä olivat infektio, luutumattomuus sekä levykiinnityksen aiheuttama kipu ja/tai toiminnallinen haitta nilkan funktioon. Leikkauskomplikaatioiden esiintyvyyttä vertailtiin kirjallisuuteen.

4 Aineisto ja menetelmät

Tämä tutkimus on retrospektiivinen rekisteritutkimus. Potilaisiin ei oltu erikseen yhteydessä tutkimusta varten. Tutkimuksen seuranta-aika päättyi lokakuussa 2024.

4.1 Aineisto

Tutkimusaineisto koostuu Tyksissä aikavälillä 1.1.2018-31.12.2022 hoidetuista potilaista, joilla todettiin pilon-murtuma. Tutkimusaineiston muodostamista varten haettiin aluksi potilaita käyttäen distaalisen tibian murtumaan ja sen operatiivisen hoitoon liittyviä diagnoosi- ja toimenpidekoodeja (S82.3, S82.7, NGL62, NGJ64, NGJ70, NHJ10). Näin aineistoon saatiin mukaan myös ne potilaat, joiden kohdalla oikeaa diagnoosikoodia ei ollut käytetty. Tästä aineistosta seulottiin pilon-murtumat arvioimalla jokaisen potilaan preoperatiiviset nilkan natiiviröntgen- sekä TT-kuvat. Pilon-murtuman kriteerien täyttymistä arvioitiin Ruedi-Allower- sekä AO/OTA-luokituksella. Pilon-murtumiksi hyväksyttiin ne murtumat, joiden morfologia täytti Ruedi-Allgower- sekä AO/OTA-luokituksen B- ja C-luokan murtumien kriteerit. Alkuvaiheessa muodostetussa aineistossa oli 322 distaalista säärinluun murtumaa, ja näistä pilon-murtumia oli 44.

4.2 Menetelmät

Potilaista kerättiin tiedot Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin (VSSHP) Uranus-potilastietojärjestelmästä. Potilastietojärjestelmästä kerättiin tieto iästä ja sukupuolesta. Potilastietojärjestelmään kirjatuista sairauskertomusmerkinnöistä kerättiin tiedot murtuman paranemiseen liittyvistä riskitekijöistä, joita olivat: tupakointi, diabetes, alkoholismi, ASO-tauti, avomurtuma ja oliko antibioottia aloitettu ensiavussa. Murtumaan ja sen hoitomenetelmiin liittyen sairauskertomusmerkinnöistä kerättiin seuraavat tiedot: eksternin fiksaattorin käyttö ja sen käyttötarkoitus, ruuvikiinnitysten määrät, kun eksterniä fiksaattoria käytettiin definitiivisenä hoitomuotona, ORIF:ssä käytettyjen ihoavausten määrät ja suunnat, ORIF:ssä käytettyjen levyjen määrät ja sen yhteydessä tehtyjen pohjeluun levytysten määrät. Hoitotuloksiin liittyen sairauskertomusmerkinnöistä kerättiin seuraavat tiedot: Uusintaleikkausten määrät ja syyt sekä komplikaation ilmaantuminen ja sen syy.

Kerätyistä tiedoista laskettiin tunnusluvut sekä tehtiin tilastollinen analyysi. Tilastollisella analyysillä kartoitettiin riskitekijöiden sekä leikkausmenetelmien vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen.

5 Tulokset

5.1 Potilasdemografia

Tutkimuksen pilon-murtumien määrä oli 44. Potilaiden keski-ikä oli 52 vuotta ja ikäjakauma 18–80 vuotta. Murtumien esiintyvyys oli miehillä hieman yleisempää verrattuna naisiin. Miesten osuus oli 59 % (n=26) ja naisten osuus 41 % (n=18). Murtumista 30 % oli avomurtumia (n=13). Antibiootti oli aloitettu ensiavussa 34 %: lla (n=15). Näistä kahdella potilaalla pilon-murtuman ei todettu olleen avomurtuma vaan antibootin aloittamisen syynä oli nilkan ulkopuolisten kehonosien vammat. Tupakoitsijoiden osuus oli 20 % (n=9). Alkoholin kulutusta arvioitiin sairauskertomusmerkintöjen perusteella. Alkoholin ongelmakäyttöä todettiin 7 %: lla (n=3). ASO-tautia sairastavien osuus oli 2 % (n=1). Diabeetikkojen (DMI, DMII) osuus oli 9 % (n=4).

5.2 Hoito

Eksterniä fiksaattoria käytettiin osana murtumien kaksivaiheista leikkaushoitoa sekä definitiivisenä hoitomuotona. Eksterniä fiksaattoria käytettiin murtumien hoidossa 32 %: lla (n=14). Näistä potilaista 64 %: lla (n=9) sitä käytettiin osana kaksivaiheista leikkaushoitoa ja definitiivisenä hoitomuotona se oli 36 %: lla (n=5). Potilailla, joilla eksterniä fiksaattoria käytettiin definitiivisenä hoitomuotoa, käytettiin myös ruuvikiinnityksiä murtumakappaleiden kiinnitykseen. Ruuvikiinnityksiä käytettiin 60 %: lla (n=3) ja kaikilla käytettyjen ruuvien lukumäärä oli 2. Kaksivaiheisesti hoidettujen murtumien osuus oli 20 % (n=9). Eksterni fiksaatio oli definitiivisenä hoitomuotona 11 %: lla (n=5).

ORIF:ssä käytettyjen levyjen määrät vaihtelivat 1–3 välillä. Yhtä lukkolevyä käytettiin 67 %: lla (n=26), kahta lukkolevyä käytettiin 31 %: lla (n=12) ja kolmea lukkolevyä käytettiin 2 %: lla (n=1). ORIF:ssä käytettyjen ihoavausten määrät ja suunnat vaihtelivat. Murtumista 77 % (n=30) leikattiin käyttäen yhtä ihoavausta. Murtumista 23 % (n=9) leikattiin käyttäen kahta ihoavausta. Mediaalisten ihoavausten osuus oli 44 % (n=21). Anteromediaalisten ihoavausten osuus oli 33 % (n=16). Anterolateraalisten ihoavausten osuus oli 13 % (n=6). Posterolateraalisten ihoavausten osuus oli 10 % (n=5). ORIF:n yhteydessä tehtyjen pohjeluun murtumien levykiinnitysten osuus oli 18 % (n=7).

5.3 Uusintaleikkaukset ja komplikaatiot

Uusintaleikattujen potilaiden osuus oli 25 % (n=11). Näistä 45 %: lla (n=5) uusintaleikkauksen syynä oli osteosynteesin poisto sen aiheuttaman kivun ja/tai toiminnallisen haitan vuoksi. Näille potilaille tehtiin vain yksi uusintaleikkaus. Muista uusintaleikatuista potilaista 45 %: lla (n=5) uusintaleikkauksen syynä oli komplikaatio. Kaikilla komplikaation syynä oli syvä infektio ja yhdellä potilaalla todettiin lisäksi osteosynteesin katkeaminen. Vain yhdelle komplikaation saaneista tehtiin vain yksi leikkaus. Uusintaleikatuista potilaista yhdellä todettiin aseptinen luutumattomuus kun eksterniä fiksaattoria oli käytetty definitiivisenä hoitomuotona, sen osuus uusintaleikatuista oli 10 % (n=1). Uusintaleikatuista 18 %: lle (n=2) tehtiin yhteensä kaksi uusintaleikkausta. Potilaista toisella todettiin uudestaan syvä infektio ja toisella potilaalla aseptinen luutumattomuus infektionäytteiden perusteella. Kyseinen potilas oli tupakoitsija ja lisäksi perussairauksina todettiin diabetes sekä ASO-tauti. Vasta verisuonikirurgian interventioiden myötä luutuminen alkoi. Yhteensä neljä uusintaleikkausta tehtiin yhdelle potilaalle ja kaikkien uusintaleikkausten taustalla oli syvä infektio. Komplikaation eli syvän infektion saaneiden osuus kaikista murtumista oli 11 % (n=5).

Sukupuoli ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi komplikaatioiden esiintyvyyteen (p=1.00). Avomurtumalla (p=0.022) todettiin olevan tilastollisesti merkitsevä vaikutus komplikaatioiden esiintyvyyteen. Muista riskitekijöistä tupakoinnilla (p=0.27), diabeteksellä (0.058), ASO-taudilla (p=0.11) ja alkoholin ongelmakäytöllä (p=1.00) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen. Eksternin fiksaattorin käytöllä (p=0.31) tai sen käytöllä definitiivisenä hoitomuotona (p=1.00) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen. Ihoavausten suunnista mediaalisella (p=1.00), anteromediaalisella (p=0.65), anterolateraalisella (p=0.54) tai posterolateraalisella (p=0.47) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen. Ihoavausten (p=0.77) tai murtuman kiinnityksessä käytettyjen levyjen määrillä (p=0.53) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen. ORIF:n yhteydessä tehdyllä pohjeluun murtuman kiinnityksellä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta komplikaatioiden esiintyvyyteen (p=1.00).

Komplikaation ilmaantuminen vaikutti tilastollisesti merkitsevästi uusintaleikkauksen esiintyvyyteen (p=0.0065)

6 Pohdinta

Tässä tutkimuksessa syvien infektioiden esiintyvyys oli 11 %. Kirjallisuudessa syvien infektioiden esiintyvyydeksi on raportoitu 2–19 % [4, 25, 28]. Tutkimustulos on siten linjassa tämän tiedon kanssa. Avomurtuman todettiin vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi infektioiden esiintyvyyteen ja tässä tutkimuksessa avomurtumista 44 % kehitti syvän infektion. Kaikkiin avomurtumiin aloitettiin suonensisäinen antibiootti ensiavussa. Pilonmurtumiin liittyvä avomurtuma on yksi tunnetuista riskitekijöistä syvien infektioiden kehittymiselle ja kirjallisuudessa siihen liittyvien syvien infektioiden esiintyvyydeksi on raportoitu 23–28 % [4, 25]. Tässä tutkimuksessa syvien infektioiden esiintyvyys oli korkeampi kirjallisuudessa raportoituihin esiintyvyyksiin verrattuna. Avomurtumien vaikeusasteella on vaikutusta syvien infektioiden kehittymiselle, vaikeimpiin liittyy korkein infektioriski [25]. Lisäksi avomurtumiin liittyvien traumaattisten haavojen sijainnilla on raportoitu olevan vaikutusta infektioriskiin. Nilkkaniveleen nähden mediaalisesti ja anteriorisesti sijaitsevien haavojen on raportoitu nostavan riskiä syvien infektioiden kehittymiselle. [28] Tutkimustulosta voi siten selittää sekä traumaattisten haavojen sijainti että kyseiset avomurtumat olivat luokitukseltaan vaikeimpia, jonka vuoksi syvien infektioiden esiintyvyys oli kirjallisuuteen verrattuna korkeampi.

Muista riskitekijöistä ajankohtaisella tupakoinnilla, diabeteksella, ASO-taudilla tai alkoholin ongelmakäytöllä ei todettu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta syvien infektioiden kehittymiselle. Tupakointi sekä huonossa hoitotasapainossa oleva diabetes ovat merkittäviä riskitekijöitä leikkaushaavan paranemisen ongelmille [33, 34]. Tässä tutkimuksessa diabeetikoista 50 % ja tupakoitsijoista 29 % sai syvän infektion. Näiden ei kuitenkaan todettu olevan itsenäisiä riskitekijöitä syvän infektion kehittymiselle, jota voi selittää molempien pieni otoskoko tutkimuksessa. ASO-tautia sairastavia potilaita oli vain yksi ja kyseiselle potilaalle kehittyi syvä infektio. Tämän tutkimuksen pienen otoskoon vuoksi ei voida tehdä johtopäätöksiä ASO-taudin vaikutuksesta infektioriskiin. Kuitenkin voidaan olettaa, että vaikea ASO-tauti lisää komplikaatioriskiä.

ORIF:ssä käytettyjen ihoavausten määrillä tai suunnilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta syvien infektioiden kehittymiselle. Myös kirjallisuudessa on raportoitu vastaavanlaisesta tutkimustuloksesta [4]. Toisaalta on myös raportoitu, että anteromediaaliseen sekä posterolateraaliseen avaukseen liittyisi korkeampi infektioriski [2].

Anteromediaaliseen avaukseen on raportoitu liittyvän kohonnut riski haavakomplikaatioille johtuen ihoavauksen distaalisen osan suunnasta [27]. Tämä selittäisi joissain tutkimuksissa raportoitua kohonnutta infektioriskiä.

Eksternin fiksaattorin käytöllä tai sen käyttämisellä definitiivisenä hoitomuotona ei todettu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta syvien infektioiden kehittymiselle. Murtumista, joissa eksterniä fiksaattoria käytettiin osana kaksivaiheista hoitoa, infektoitui 28 %. Tutkimustulos on siten linjassa kirjallisuudessa raportoidun esiintyvyyden kanssa [31]. Kun eksterniä fiksaattoria käytettiin definitiivisenä hoitomuotona, murtumista infektoitui 25 %. Eksterniä fiksaattoria käytetään pilon-murtumissa, joihin liittyy merkittävät pehmytkudosvauriot. Siten infektioriskiä nostaa pehmytkudosvauriot eikä infektioriski liity itse eksternin fiksaattorin käyttöön.

Tämän tutkimuksen perusteella pilon-murtumien ORIF:n keskeisin tavoite on pyrkiä palauttamaan nilkan alkuperäinen anatomia. ORIF tulee tehdä mahdollisimman vähäisillä ihoavauksilla, mutta parhaaseen leikkaustulokseen pääsemiseksi käytettyjen ihoavausten tai levykiinnitysten määriä ei tarvitse rajoittaa. Lisäksi avomurtumilla todettiin olevan tilastollisesti merkitsevä vaikutus infektioiden esiintyvyyteen. Pilon-murtumaan liittyvän avomurtuman hoidossa tulee siten pyrkiä pienentämään infektioriskiä. Tähän kuuluu suonensisäisen antibiootin aloittaminen varhaisessa vaiheessa, pehmytkudosvaurioiden hoitaminen ja niiden kehittymisen estäminen, eksternin fiksaattorin käyttäminen sekä ORIF:n toteuttaminen pehmytkudosten sen salliessa. Tässä tutkimuksessa tupakoinnilla ja diabeteksellä ei todettu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta syvien infektioiden esiintyvyyteen, vaikka syvät infektiot olivat yleisiä kyseisten potilasryhmien kohdalla. Tätä voi selittää molempien riskitekijöiden pieni otoskoko tutkimuksessa. Jatkossa tarvitaan tutkimuksia suuremmalla otoskoolla selvittämään riskitekijöitä paremmin.

7 Lähteet

1. Ke C, Dong X, Xiang G, Zhu J. Risk factors and nomogram predictive model of surgical site infection in closed pilon fractures. J Orthop Surg Res. 2023 Aug 8;18(1):582. doi: 10.1186/s13018-023-04058-z. PMID: 37553679; PMCID: PMC10408134.
2. Murawski, Christopher D. MD[1]; Mittwede, Peter N. MD, PhD[1]; Wawrose, Richard A. MD[1]; Belayneh, Rebekah MD[1]; Tarkin, Ivan S. MD[1,a]. Management of High-Energy Tibial Pilon Fractures. The Journal of Bone and Joint Surgery 105(14):p 1123-1137, July 19, 2023. | DOI: 10.2106/JBJS.21.01377
3. Mair O, Pflüger P, Hoffeld K, Braun KF, Kirchhoff C, Biberthaler P, Crönlein M. Management of Pilon Fractures-Current Concepts. Front Surg. 2021 Dec 23; 8:764232. doi: 10.3389/fsurg.2021.764232. PMID: 35004835; PMCID: PMC8732374.
4. Esposito, John G. MD, MSc, FRCSC[*,†,‡]; van der Vliet, Quirine M. J. MD[*,‡]; Heng, Marilyn MD, MPH, FRCSC[*,‡]; Potter, Jeffrey MD[*,†]; Cronin, Patrick K. MD[§]; Harris, Mitchel B. MD[*,‡]; Weaver, Michael J. MD[*,‖]. Does Surgical Approach Influence the Risk of Postoperative Infection After Surgical Treatment of Tibial Pilon Fractures? Journal of Orthopaedic Trauma 34(3): p 126–130, March 2020. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000001655
5. Stefan Rammelt, Thomas Endres, Rene Grass, Hans Zwipp, The role of external fixation in acute ankle trauma, Foot and Ankle Clinics, Volume 9, Issue 3, 2004, Pages 455–474, ISSN 1083-7515, https://doi.org/10.1016/j.fcl.2004.05.001.
6. Zhang SB, Zhang YB, Wang SH, Zhang H, Liu P, Zhang W, Ma JL, Wang J. Clinical efficacy and safety of limited internal fixation combined with external fixation for Pilon fracture: A systematic review and meta-analysis. Chin J Traumatol. 2017 Apr;20(2):94–98. doi: 10.1016/j.cjtee.2016.06.012. Epub 2017 Feb 24. PMID: 28359592; PMCID: PMC5392718.
7. Perugini A, Hyland S, Iandoli J, Hill Z, Peabody J, DeGenova D, Faherty M, Taylor B. The Impact of Fibular Fixation Method on Pilon Fracture Healing. J Clin Med. 2025 Jan 9;14(2):358. doi: 10.3390/jcm14020358. PMID: 39860364; PMCID: PMC11765902.
8. Daniels NF, Lim JA, Thahir A, Krkovic M. Open Pilon Fracture Postoperative Outcomes with Definitive Surgical Management Options: A Systematic Review and Meta-analysis.

Arch Bone Jt Surg. 2021 May;9(3):272–282. doi: 10.22038/abjs.2020.53240.2641. PMID: 34239954; PMCID: PMC8221448.

9. Luo TD, Pilson H. Pilon Fracture. [Updated 2023 Aug 8]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482176/
10. Biberthaler Peter, Crönlein Moritz, TITLE=Management of Pilon Fractures—Current Concepts, JOURNAL=Frontiers in Surgery, VOLUME=8, YEAR=2021, URL=https://www.frontiersin.org/journals/surgery/articles/10.3389/fsurg.2021.764232AUTHOR=Mair Olivia, Pflüger Patrick, Hoffeld Kai, Braun Karl F., Kirchhoff Chlodwig,
11. G.M. Calori, L. Tagliabue, E. Mazza, U. de Bellis, L. Pierannunzii, B.M. Marelli, M. Colombo, W. Albisetti,Tibial pilon fractures: Which method of treatment?,Injury,Volume 41, Issue 11,2010,Pages 1183-1190,ISSN 0020-1383, (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138310006571)
12. Claire L. Brockett, Graham J. Chapman,Biomechanics of the ankle,Orthopaedics and Trauma,Volume 30, Issue 3,2016,Pages 232-238,ISSN 1877-1327,(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877132716300483)
13. Bain J, Walizai T, Bell D, et al. Ankle joint. Reference article, Radiopaedia.org (Accessed on 08 Mar 2025) https://doi.org/10.53347/rID-46957
14. Haden, M., Ahmad, J., Amirouche, F. (2021). Biomechanics of the Ankle Joint in Relation to Ankle Ligament Injuries. In: Koh, J., Zaffagnini, S., Kuroda, R., Longo, U.G., Amirouche, F. (eds) Orthopaedic Biomechanics in Sports Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81549-3_32
15. Knipe H, Worsley C, Ranchod A, et al. Distal tibiofibular syndesmosis injury. Reference article, Radiopaedia.org (Accessed on 08 Mar 2025) https://doi.org/10.53347/rID-68295
16. Sivan Sivaloganathan, Jens Brahe Pedersen, Alex Trompeter, Omar Sabri, Pilon fractures: a review of current classifications and management of complex Pilon fractures, Orthopaedics and Trauma,Volume 31, Issue 2,2017, Pages 133-138, ISSN 1877-1327, (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877132716301610)
17. F. Dujardin, H. Abdulmutalib, A.C. Tobenas,Total fractures of the tibial pilon,Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, Volume 100, Issue 1, Supplement,2014,Pages S65-S74,ISSN 1877-0568, (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877056813002752)

18. Saad BN, Yingling JM, Liporace FA, Yoon RS. Pilon Fractures: Challenges and Solutions. Orthop Res Rev. 2019 Sep 24; 11:149–157. doi: 10.2147/ORR.S170956. PMID: 31576179; PMCID: PMC6765393.
19. Wiebking, U. Frakturen des Pilon tibiale. *Unfallchirurg* 120, 632–639 (2017). https://doi.org/10.1007/s00113-017-0363-9
20. Liu J, Piao C, Cui G, Sun H, Li Z. Fracture Line Morphology and a Novel Classification of Pilon Fractures. Orthop Surg. 2025 Feb;17(2):540–550. doi: 10.1111/os.14304. Epub 2024 Nov 23. PMID: 39579007; PMCID: PMC11787965.
21. Pilon fractures: A new classification system based on CT-scan, Leonetti, Danilo et al. Injury, Volume 48, Issue 10, 2311–2317
22. Denise M. Mandi, Ron P. Belin, Justin Banks, Brandon Barrett,Pilon Fractures,Clinics in Podiatric Medicine and Surgery,Volume 29, Issue 2, 2012, Pages 243-278,ISSN 0891-8422, (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891842212000055)
23. Luo TD, Eady JM, Aneja A, Miller AN. Classifications in Brief: Rüedi-Allgöwer Classification of Tibial Plafond Fractures. Clin Orthop Relat Res. 2017 Jul;475(7):1923–1928. doi: 10.1007/s11999-016-5219-z. Epub 2017 Jan 4. PMID: 28054323; PMCID: PMC5449320.
24. Assal, Mathieu MD[*,†]; Ray, Adrien MD[‡]; Stern, Richard MD[*]. Strategies for Surgical Approaches in Open Reduction Internal Fixation of Pilon Fractures. Journal of Orthopaedic Trauma 29(2): p 69–79, February 2015. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000000218
25. Molina CS, Stinner DJ, Fras AR, Evans JM. Risk factors of deep infection in operatively treated pilon fractures (AO/OTA: 43). J Orthop. 2015 Feb 21;12(Suppl 1): S7-S13. doi: 10.1016/j.jor.2015.01.026. PMID: 26719630; PMCID: PMC4674535.
26. Zelle, B.A., Dang, K.H. & Ornell, S.S. High-energy tibial pilon fractures: an instructional review. *International Orthopaedics (SICOT)* 43, 1939–1950 (2019). https://doi.org/10.1007/s00264-019-04344-8
27. Flores M, Ciminero M, Kottmeier SA, Botros D, Zelle BA, Shearer DW. Pilon fractures: Consensus and controversy. OTA Int. 2023 Jun 16;6(3 Suppl):e236. doi: 10.1097/OI9.0000000000000236. PMID: 37533444; PMCID: PMC10392439.
28. Spitler, Clay A. MD[a]; Hulick, Robert Miles MD[b]; Weldy, John BS[c]; Howell, Katherine MD[c]; Bergin, Patrick F. MD[b]; Graves, Matthew L. MD[b]. What are the Risk Factors for Deep Infection in OTA/AO 43C Pilon Fractures? Journal of Orthopaedic Trauma 34(6): p e189-e194, June 2020. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000001726

29. Haller, Justin M. MD[*]; Githens, Michael MD[†]; Rothberg, David MD[*]; Higgins, Thomas MD[*]; Nork, Sean MD[†]; Barei, David MD[†]. Risk Factors for Tibial Plafond Nonunion: Medial Column Fixation May Reduce Nonunion Rates. Journal of Orthopaedic Trauma 33(9): p 443–449, September 2019. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000001500
30. Yeramosu T, Satpathy J, Perdue PW Jr, Toney CB, Torbert JT, Cinats DJ, Patel TT, Kates SL. Risk Factors for Infection and Subsequent Adverse Clinical Results in the Setting of Operatively Treated Pilon Fractures. J Orthop Trauma. 2022 Aug 1;36(8):406–412. doi: 10.1097/BOT.0000000000002339. PMID: 34999622; PMCID: PMC9253198.
31. Yeramosu, Teja BA[a]; Young, Porter MD[b]; Cinats, David J. MD[b]; Toney, Clarence B. MD[b]; Satpathy, Jibanananda MD[b]; Patel, Tejas T. MD[b]; Kates, Stephen L. MD[b]; Perdue, Paul W. Jr MD[b]. Safety of Prepping the External Fixator In Situ During Staged Internal Fixation of Pilon Fractures: A Retrospective Comparative Cohort Study. Journal of Orthopaedic Trauma 37(9): p 469–474, September 2023. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000002617
32. Olson, Jeffrey J. MD[a]; Anand, Krishna[b]; Esposito, John G. MD[c]; von Keudell, Arvind G. MD[d]; Rodriguez, Edward K. MD, PhD[e]; Smith, R. Malcolm MD[c]; Weaver, Michael J. MD[d]. Complications and Soft-Tissue Coverage After Complete Articular, Open Tibial Plafond Fractures. Journal of Orthopaedic Trauma 35(10): p e371-e376, October 2021. | DOI: 10.1097/BOT.0000000000002074
33. Sørensen, Lars Tue MD. Wound Healing and Infection in Surgery: The Pathophysiological Impact of Smoking, Smoking Cessation, and Nicotine Replacement Therapy. Annals of Surgery 255(6): p 1069-1079, June 2012. | DOI: 10.1097/SLA.0b013e31824f632d
34. Dasari N., Jiang A., Skochdopole A., Chung J., Reece E.M., Vorstenbosch J., Winocour S. Updates in Diabetic Wound Healing, Inflammation, and Scarring, (2021) Seminars in Plastic Surgery, 35 (3), pp. 153–158, Cited 104 times. DOI: 10.1055/s-0041–1731460, https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111166655&doi=10.1055%2fs-0041-1731460&partnerID=40&md5=ef8ed9c3cba5f7fce0783a8327796726