

Topi Laaksonen, Mikko Haara, Juho-Antti Ahola ja Yrjänä Nietosvaara

Kokemukset kolmestatoista ensimmäisestä potilaasta

Alaraajojen pituuseron ja asentovirheiden korjaaminen moottoroidulla ydinnaulalla

JOHDANTO. Vuosina 1994–2011 Helsingin lastenklินิกassa tehtiin 45 potilaalle 51 raajanpidennystä tai raajan asennonkorjausta ulkoisilla tukilaitteilla. Valtaosalla potilaista (30/45) todettiin hoitoon liittyvä komplikaatio, ja heistä seitsemälle aiheutui pysyvä toiminnallinen haitta. Raajojen pidennykset ja asennonkorjaukset voidaan toteuttaa nykyään myös moottoroidulla ydinnaulalla potilaan pituuskasvun päätyttyä. Näin tehdyistä korjauksista on raportoitu huomattavasti vähemmän komplikaatioita.

MENETELMÄT. Lastenklินิกassa moottoroitua ydinnaulaa on käytetty kolmestatoista potilaan hoidossa neljätoista kertaa vuodesta 2014.

TULOKSET JA PÄÄTELMÄT. Neljä potilasta joutui komplikaation vuoksi uusintatoimenpiteeseen, mutta yhdellekään potilaista ei jäänyt pysyvää hoidosta johtuvaa haittaa. Tavoiteltu raajan pituus ja asento saavutettiin kahdellatoista kolmestatoista potilaasta. Kaikki potilaat olivat tyytyväisiä hoidon tulokseen.

Raajojen pituuseron ja asentovirheen voivat aiheuttaa erilaiset kehitys- ja kasvuhäiriöt sekä vammojen ja kasvainten jälkitilat. Suuremmat pituuserot on aiemmin tasattu ulkoisilla tukilaitteilla, joilla voidaan korjata myös raajan virheasento. Nämä hoidot ovat potilaille ja heidän perheilleen raskaita, ja niihin on raportoitu liittyvän paljon komplikaatioita (24–100 %:lla potilaista) (1,2).

Vuosina 1994–2011 Helsingin lastenklินิกassa tehtiin 45 potilaalle 51 raajanpidennystä tai asennonkorjausta ulkoisilla tukilaitteilla. Valtaosalla potilaista todettiin hoidon aikana komplikaatio, ja noin puolen potilaista hoidossa saavutettiin tavoiteltu raajanpituus. Seitsemälle potilaalle jäi hoidon jälkeen pysyvä toiminnallinen haitta.

Raajojen putkiluiden sisään asennettavat pidennysnaulat ovat yleistyneet 2000-luvulla, ja niiden käytöstä on raportoitu merkittävästi vähemmän komplikaatioita (11–47 % potilaista) (2–5).

Helsingin lastenklินิกassa otettiin vuonna 2014 käyttöön moottoroitu ulkoisesti ohjattu ydinnaula (Fitbone), jolla voidaan myös korjata raajan asentoa. Tällä ydinnaulalla on tehty

Euroopassa yli 2 000 raajapidennystä tai virheasennon korjaushoitoa. Esitämme ensimmäisten kolmestatoista Helsingin lastenklินิกassa hoidetun potilaan tulokset.

Potilaat ja menetelmät

Vuosina 1994–2011 Helsingin lastenklินิกassa tehtiin ulkoisilla tukilaitteilla 51 alaraajan pidennystä (reisi 23, sääri 22) neljällekymmenelle viidelle 5–27-vuotiaalle potilaalle (25 poikaa). Pidennystavoite oli 10–100 mm. Pituuseron tai virheasennon taustalla oli synnynäinen poikkeavuus tai sairaus 25:llä, vamma kahdeksalla, tuntematon syy seitsemällä, bakteritulehdus neljällä ja pahanlaatuinen kasvain yhdellä potilaalla. Ulkoinen tukilaitte poistettiin keskimäärin 263 (44–854) vuorokauden jälkeen hoidon aloittamisesta.

Vuonna 2014 saimme käyttöömmme moottoroidun ulkoisesti ohjatun ydinnaulan, jonka sisällä on ilmatiiviisti elektromagneettinen moottori. Olemme hoitaneet tällaisella ydinnaulalla kolmestatoista 13–17-vuotiaan kasvunsa päättäneen potilaan (seitsemän poikaa) neljätoista alaraajan (kymmenen reittä, neljä säärtä) pi-

TAULUKKO. Moottoroidulla ulkoisesti ohjatulla ydinnaulalla leikatut potilaat.

Potilas	Suku- puoli, ikä leikkaus- hetkellä	Raajan virheasennon syy	Naulattu luu	Pituus- ero (mm)	Raajan asento- virhe	Leik- kausaika (min)	Osasto- hoitoai- ka (vrk)	Piden- nysaika (vrk)	Komplikaatit ja uusintatoimenpi- teet
1	Tyttö 17 v	Ollierin tauti	Reisiluu	28	3 asteen valgus	480	5	38	–
2	Poika 17 v	Fibulaarinen hemimelia	Sääriluu	30	–	277	5	75	Naulan lukkoruuvi liikkui Korjausleikkaus levyllä
3	Poika 15 v	Murtuman aiheuttama kasvulukko	Reisiluu	22	8 asteen varus	395	2	26	–
4	Poika 14 v	Murtuman aiheuttama kasvulukko	Reisiluu	30	12 as- teen varus	355	4	29	–
5	Tyttö 15 v	Fibulaarinen hemimelia	Sääriluu	50	3 asteen valgus	397	5	51	–
6	Tyttö 17 v	Perinnöllinen eksostoosi- sairaus	Reisiluu	30	10 as- teen varus	312	5	41	Naulan lukkoruuvi liikkui Ruuvin vaihto pi- dempään
7	Poika 16 v	Tuntematon	Reisiluu	30	–	295	2	37	–
8	Tyttö 14 v	Ollierin tauti	Reisiluu	30	–	Yhteensä 540	5	60	Pidennys lopetettiin liian aikaisin
			Sääriluu	35	7 asteen valgus				Raajaan kehittyi valgusasento piden- nyksen myötä Korjausosteotomia ja naulan vaihto
9	Poika 16 v	Fibulaarinen hemimelia	Sääriluu	27	–	283	2		–
10	Poika 16 v	Tuntematon	Reisiluu	63	10 as- teen kierre- virhe	263	1	60	–
11	Tyttö 13 v	Tuntematon	Reisiluu	49	5 asteen valgus	174	1	68	–
12	Tyttö 14 v	Reisiluun epifyseaalinen hypoplasia	Reisiluu	41	9 asteen valgus	180	1	49	–
13	Poika 16 v	Murtuman aiheuttama kasvulukko	Reisiluu	38	6 asteen valgus	227	1	56	Naulan lukkoruuvi liikkui Korjausleikkaus levyllä

dennystä. Pituusero (22–63 mm) johtui seitsemällä potilaalla synnynnäisestä poikkeavuudesta, kolmella kasvulinjamurtumasta ja kolmella tuntemattomasta syystä. Kymmenellä potilaal-

la oli pituuseron lisäksi korjattava asentovirhe (pihtipolviasento kuudella, länkisääriasento kolmella, kierrevirhe yhdellä) (**TAULUKKO**).

Raajan asentovirheen korjaus suunnitellaan



KUVA 1. Leikkaussuunnitelma. Vasemmalla raajan asento ennen leikkausta, keskellä välttämättä naulan asettamisen jälkeen ja oikealla pidennysvaihdon päätyttyä. Kuvat tehdään käänteisellä suunnitteluohjelmalla seisten otetuista raajojen mekaanisen akselin röntgenkuvista.

standardoidusti (seisten, pituusero tasattu, polvilumpiot suoraan eteenpäin) otetuista alaraajojen mekaanisen akselin röntgenkuvista (2,4,6,10). Naulapidennys edellyttää niin sanotun käänteisen suunnittelumenetelmän käyttöä: Suunnittelu aloitetaan potilaan röntgenkuvasta, joka on muokattu vastaamaan raajan lopullista naulalla toteutettua korjattua asentoa ja pituutta (**KUVA 1**) (6). Korjaus edellyttää luun katkaisua oikealta tasolta ja naulan oikeaa asemointia asennusvaiheessa. Naula tuetaan useimmiten suunnitelman mukaiseen asentoon ohjausruuveilla (pollar-ruuvit), jotka myös varmistavat, että naula pysyy oikeassa asennossa pidennyksen ajan. Raajan kulma- ja kiertovirheet korjataan pääosin naulaa asennettaessa. Leikkaussuunnitelmat olemme tehneet TraumaCad-ohjelmalla. Suunnittelukuvasta tulostetaan ennen toimenpidettä oikeankokoiset kuvat leikattavasta raajasta ennen naulan asentamista, heti sen asentamisen jälkeen ja suunnitellun hoidon päätyttyä (**KUVA 1**) (6).

Naula asennetaan pienistä 10–30 mm:n pituisista ihoviilloista. Pidennettävä luu katkaistaan 4 mm:n poralla ja taltalla: katkaisukohtaan tehdään ensin läpivalaisukontrollissa säteittäin poralla reikiä. Luu katkaistaan sitten taltalla vääntämällä. Luukalvo pyritään pitämään mah-



KUVA 2. Potilas tai huoltaja pidentää raajaa pidennyslaitteella. Etualalla reiden pidennysnaula (Fitbone TAA1160-F-225), johon on kiinnitetty ihon alle asetettava antenni. Naulaa pidennettäessä pidennyslaitteen lähetin painetaan iholle naulan antennin kohdalle.

dollisimman ehjänä, koska tällöin luutuminen toteutuu pidennysvaiheen jälkeen luotettavammin. Kaikki käyttämämme naulat vietiin paikalleen polvinivelen kautta. Ydinonteloiden kairaus tehdään holkkijärjestelmän läpi, jolloin polviniveleen ei jää luupuria. Ydinnaulojen asennuksessa käytettiin 1–3 ohjausruuvia yhtä tapausta lukuun ottamatta (7).

Yhden naulan leikkaukset kestivät 174–397 minuuttia pois lukien kaksi opetusleikkausta naulan kehittäjän avustuksella. Kahden naulan toimenpide kesti yhdeksän tuntia. Leikkauksen jälkeinen vuodeosastohoito on kestänyt yhdestä viiteen päivään. Leikkausten ja vuodeosastohoidon kesto on lyhentynyt merkittävästi kokemuksen karttuessa. Viimeisimmät potilaat ovat kotiutuneet leikkauksen jälkeisenä päivänä.

Reisiluiden pidennykset aloitettiin viikon ja sääriluiden kymmenen päivän kuluttua leikkauksesta.

Potilas itse tai huoltaja suorittaa naulan pidennyksen kolme kertaa päivässä (0,33 mm kerralla eli 1 mm/vrk). Pidennystä tehtäessä laitteen lähetin painetaan ihoa vasten naulan antennin kohdalle (**KUVA 2**). Naulan yksittäinen pidennys kestää noin minuutin.

Pidennysvaiheen (26–75 päivää) aikana potilaan kävivät seurantakäynneillä poliklinikassa

viikoittain. Raajan asento rekisteröitiin seisten otetuista alaraajan mekaanisen akselin röntgenkuvista pidennyksen päätyttyä, minkä jälkeen sallittiin joko osa- tai täyspainovaraus leikatulla raajalla potilaan painon mukaan. Pidennyksen etenemisen ja luutumisen arvioimiseksi otettiin keskimäärin seitsemän (5–9) röntgenkuvaa 1–2 kuukauden välein.

Kysymme kaikilta kolmeltatoista potilaalta jälkikäteen puhelimitse heidän mielipiteitään naulapidennyksen tuloksesta. Puhelinkyselyn aikaan naula oli poistettu viideltä potilaalta, viisi odotti naulan poistamista ja kolmella pidennys oli päättynyt mutta luutuminen vielä kesken. Potilaita pyydettiin arvioimaan asteikolla 1–10 (1 = huono, 10 = erinomainen) pidennetyt jalan toiminnallista sekä kosmeettista lopputulosta. Lisäksi kysymme, valitsisiko potilas saamansa hoidon uudestaan ja suositteisiko hän saamaansa hoitoa muille.

Tulokset ja komplikaatiot

Vuosina 1994–2011 ulkoisella tukilaitteistolla hoidetuista potilaista 30:llä (67 %) todettiin hoitoon liittyvä komplikaatio (infektio, liikerajoitus, nivelen sijoiltaanmeno, hermovaurio, viivästynyt luutuminen, murtuma, raajan virheasento). Pysyvä toiminnallinen haitta jäi seitsemälle (16 %) potilaalle ja 26 pidennyksen (51 %) yhteydessä jouduttiin tekemään vähintään yksi ennalta suunnitteleman uusintatoimenpide leikkaussalissa. Suunniteltu pidennystavoite saavutettiin 10 mm:n tarkkuudella 22:lla potilaalla 45:stä.

Käyttämässämme moottoroiduissa ulkoisesta ohjatuissa ydinnauloissa ei ollut ongelmia moottoreiden toiminnassa, antenneissa eikä lähettimissä. Kolmella potilaalla oli vaikeuksia löytää ihon alle asennettu antenni leikkauksen jälkeisen turvotuksen vuoksi, jolloin antennin paikka tarkistettiin kaikukuvauksella ja merkittiin iholle tussilla. Kaksi salparuuvia jouduttiin vaihtamaan pidempiin ja kaksi tukemaan levyllä, jotta ne pysyivät paikallaan. Pinnallisia tai syviä infektioita ei pidennysnauloilla hoidetuilla potilaillamme ole todettu. Nivelten jäykistymiä tai liikerajoituksia ei ole kehittynyt.

Tavoiteltuun raajanpidennykseen (± 5 mm)

Ydinasiat

- » Raajojen pituuseron ja asentovirheiden korjaushoitoihin ulkoisilla tukilaitteilla liittyy merkittävästi komplikaatioita, ja hoito on potilaalle raskasta.
- » Moottoroidun ydinnaulan käyttö edellyttää pidennyksiin ja asentovirheiden korjauksiin perehtymistä sekä huolellista leikkaussuunnittelua ja asiantuntevaa potilasseurantaa.
- » Raajojen virheasentojen ja pituuserojen korjauksesta moottoroidulla ydinnaulalla on raportoitu merkittävästi vähemmän komplikaatioita, ja se on potilaalle helpompaa.

pääsi kaksitoista kolmestatoista potilaasta. Suunniteltu akselivirheen korjaus onnistui vastaavasti yhdeksällä potilaalla kymmenestä. Pidennyksen päätyttyä yhdelle potilaalle jäi sääreen kulmavirhe (valgus), joka johtui teknisestä virheestä. Tämä asentovirhe korjattiin vuoden kuluttua pidennysnaulan asentamisesta uudestaan leikkauksessa: pidennysnaula poistettiin ja sääriluu katkaistiin ja tuettiin korjattuun asentoon jäykällä ydinnaulalla.

Pidennysnaula on tähän mennessä poistettu kuudelta potilaalta keskimäärin 20 kuukauden kuluttua naulauksesta. Poistoleikkaukset on toteutettu päiväkirurgisesti. Reisinaulan antenni jouduttiin poistamaan yhdeltä potilaalta ennen naulan poistoa, koska potilas koki sen ihon alla häiritseväksi liikuttaessaan polveaan.

Potilaiden puhelinkyselyvastauksissa toiminnallisen lopputuloksen keskiarvo oli 8 (6–9) ja kosmeettisen samoin 8 (5–9). Kaikki potilaat olisivat olleet uudelleen halukkaita pidennysleikkaukseen ja valmiita suosittelemaan saamansa hoitoa muille vastaavassa tilanteessa oleville läheisilleen.

Pohdinta

Raajojen virheasentojen korjaus ulkoisella pidennyslaitteella on raskas hoitomuoto, joka



KUVA 3. Leikkaussuunnitelman mukaan hoidetun potilaan valokuva, mekaanisen akselin röntgenkuva ennen leikkausta ja pidennyksen jälkeen.

vaikeuttaa merkittävästi potilaan ja perheen jokapäiväistä elämää. Kokemuksiemme perusteella alaraajojen putkiluiden pituuseron tasaaaminen ja virheasentojen korjaaminen onnistuu luotettavammin, turvallisemmin ja potilasystävällisemmin moottoroidulla pidentävällä tai asentovirhettä korjaavalla ydinnaulalla (**KUVA 3**) (4).

Moottorinaulan asentaminen on teknisesti monimutkaista, ja alkuvaiheessa leikkaukset kestävät pitkään (8–10). Toisaalta leikkauksenjälkeinen hoito on potilaan ja hoitohenkilökunnan kannalta helposti toteutettavissa (4). Moottorinauloilla hoidetut potilaat voivat käyttää tavallisia vaatteita ja jalkineita hoidon aikana. Ulkoisilla pidennyslaitteilla suoritettuihin korjauksiin liittyy lähes poikkeuksetta mikrobilääkehoitoa vaativia tulehduksia, joiden ilmaantuvuus on ydinnauloja käytettäessä hyvin pieni (4). Lihasvoiman ja nivelten liikeratojen ylläpitoharjoitukset onnistuvat ydinnaulatulta potilailta hyvin jo pidennysvaiheen aikana. Ulkoisilla pidennyslaitteilla hoidettaville nämä

harjoitukset ovat huomattavasti vaikeampia ihon lävistävien piikkien tai ruuvien aiheuttaman kivun takia (4).

Kaikkien potilaidemme ydinnaulaukset tehtiin polvinivelen kautta polvilumpion alta. Menetelmää on kritisoitu, koska sen on epäilty aiheuttavan nivelrusto- ja ristisidevauriota. Luun ydinontelon riimauksesta syntyvän luupurun kulkeutumisen polviniveleen on lisäksi epäilty aiheuttavan tulehduksia polviniveleen jäävän jätteen vuoksi. Polvinivel suojataan kuitenkin toimenpiteen aikana välineistöön kuuluvalla ohuella holkilla, joka lyödään puolisen senttiä luuhun naulan sisäänvientikohtaan. Holkki on polvinivelen suojana lähes koko leikkauksen ajan, lukuun ottamatta sovitusnaulan ja lopullisen naulan asetusta. Holkkia kiinnitettäessä on mahdollista, että osa ristisidekiinnityksestä vaurioituu. Ristisiteen katkeamisia tai muita polvinivelen vaurioita ei omassa potilassarjassamme tapahtunut. Naulapidennysten komplikaatioita käsittelevissä julkaisuissakaan näitä vammoja ei ole raportoitu (9).

Neljällä kolmestatoista potilaastamme komplikaatio johti uusintaleikkaukseen. Nämä komplikaatiot johtuivat teknisistä virheistä ja ovat todennäköisesti jatkossa vältettävissä. Uusintatoimenpiteiden tarve ja vakavien komplikaatioiden riski oli jo näiden ensimmäisten moottorinauloilla hoidettujen potilaiden osalta kuitenkin selvästi pienempi kuin aikaisempien potilaiden, joita hoidettiin ulkoisilla pidennyslaitteistoilla.

Lopuksi

Alaraajojen pituuseron ja virheasentojen korjaaminen pidennettävällä ydinnaulalla on kokemuksemme mukaan vaativa toimenpide. Leikkaustekniikkaan ja -välineistöön on tutustuttava ohjatusti. Hyvä leikkaustulos edellyttää etukäteissuunnittelua ja osaavaa leikkaussali-tiimiä. Potilailta saamamme hyvä palaute vahvistaa käsitystämme moottoroidun ydinnaulan käyttämisen hyödyistä. ■

TOPI LAAKSONEN, LL, erikoislääkäri

MIKKO HAARA, LT, erikoislääkäri

JUHO-ANTTI AHOLA, LL, erikoislääkäri

YRJÄNÄ NIETOSVAARA, dosentti, osastonylilääkäri

HYKS, Uusi lastensairaala

VASTUUTOIMITTAJA

Ville Sallinen

SIDONNAISUUDET

Topi Laaksonen: Ei sidonnaisuuksia

Mikko Haara: Korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (Smith and Nephew, kutsuttu luennoitsija, Taylor spatial frame Masterclass course, Wien 23–24.5.2018)

Juho-Antti Ahola: Ei sidonnaisuuksia

Yrjänä Nietosvaara: Korvaukset koulutus- ja kongressikuluista (AxoGen, Wittenstein intens GmbH), muut sidonnaisuudet (Oy Nietosvaara Consulting Ltd)

KIRJALLISUUTTA

1. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop* 1990; 250:81–104.
2. Rozbruch SR, Birch JG, Dahl MT, ym. Motorized intramedullary nail for management of limb-length discrepancy and deformity. *J Am Acad Orthop Surg* 2014;22:403–9.
3. Baumgart R, Betz A, Schweiberer L. A fully implantable motorized intramedullary nail for limb lengthening and bone transport. *Clin Orthop* 1997;343:135–43.
4. Baumgart R, Thaller P, Hinterwimmer S, ym. A fully implantable, programmable distraction nail (Fitbone): new perspectives for corrective and reconstructive limb surgery. *Kirjassa:* Leung KS, Taglang G, Schnettler R, ym. toim. Practice of intramedullary locked nails. Berliini: Springer 2006, s. 189–98.
5. Horn J, Grimsrud Ø, Dagsgard AH, ym. Femoral lengthening with a motorized intramedullary nail. *Acta Orthop* 2015; 86:248–56.
6. Baumgart R. The reverse planning method for lengthening of the lower limb using a straight intramedullary nail with or without deformity correction. A new method. *Oper Orthop Traumatol* 2009;21:221–33.
7. Muthusamy S, Rozbruch SR, Fragomen AT. The use blocking screws with internal lengthening nail and reverse rule of thumb for blocking screws in limb lengthening and deformity correction surgery. *Strat Traum Limb Recon* 2016;11:199–205.
8. Krieg AH, Lenze U, Speth BM, ym. Intramedullary leg lengthening with a motorized nail. *Acta Orthop* 2011;82:344–50.
9. Wiebking U, Liodakis E, Kenawey M, ym. Limb lengthening using the PRECICETM nail system: complications and results. *Arch Trauma Res* 2016. DOI: 10.5812/at.36273.
10. Steiger CN, Lenze U, Krieg AH. A new technique for correction of leg length discrepancies in combination with complex axis deformities of the lower limb using a lengthening nail and a locking plate. *J Child Orthop* 2018; 12:515–25.

SUMMARY

Limb lengthening and deformity correction with motorized intramedullary nail. Our experience of the first thirteen patients

BACKGROUND. Fifty-one limb lengthenings and/or deformity corrections (45 patients) were performed with external fixators in Children's hospital, Helsinki during 1994–2011. Most of the patients (30/45) had a treatment-related complication, causing permanent functional disability in seven children. Limb lengthenings and deformity corrections have been done using motorized intramedullary nails in skeletally mature patients with a much lower complication rate.

METHODS. We started to use motorized intramedullary nails in Children's Hospital, Helsinki in 2014 and have so far performed 14 lengthenings and deformity corrections in 13 patients by using motorized intramedullary nails.

RESULTS AND CONCLUSIONS. Technical errors led to a reoperation in 4/14 cases. All 13 patients were satisfied with the final result, although the planned correction was not completely achieved in one of the patients.