

Vaikean skolioosin hoito

Vaikea skolioosi määritellään yli 70 asteen suuriseksi Cobbin kulmalla mitattuna etusuunnan skolioosiröntgenkuvassa. Hoitamaton vaikea skolioosi aiheuttaa selän huomattavan virheasennon, restriktiivisen keuhkosairauden ja suurentaa kuolleisuutta. Idiopaattinen skolioosi kehittyy harvoin vaikeaksi. Useimmat tällaiset skolioosit todetaan joko varhaislapsuudessa tai neurologisesti sairaila lapsilla, jolloin puhutaan neuromuskulaarisesta skolioosista. Vaikean skolioosin hoidossa ennen leikkausta tapahtuva kallovento on osoittautunut turvallisesti ja tehokkaaksi menetelmäksi korjata selän virheasentoa, jolloin myös skolioosileikkaus tulee teknisesti helpommaksi. Valtaosa vaikeista skoliooseista voidaan hoitaa selän puolelta tehtävällä pedikkeliruuvi-instrumentaatiolla. Vain harvoin tarvitaan nikamanpoistoleikkausta äärimmäisenä korjaavana toimenpiteenä. Komplikaatiofrekvenssi on vaikeassa skolioosissa selkeästi tavanomaista skolioosileikkausta suurempi. Vaikeata skolioosia kannattaa hoitaa operatiivisesti, koska oikein toteutettuna hoidon tulokset ovat yleensä erinomaiset.

Hoitamaton yli 70 asteen skolioosi aiheuttaa paitsi selän huomattavan virheasennon usein myös restriktiivisen keuhkosairauden, ja siihen liittyy merkittävästi suurentunut kuolleisuus (keuhkosydänsairaus) normaaliväestöön verrattuna (1). Myös muutoin terveillä idiopaattista skolioosia sairastavilla lapsilla ja nuorilla keuhkojen tilavuusmittauksissa voidaan osoittaa merkittäviä heikentymiä skolioosin ylittäessä 60 astetta (2). Kun skolioosi ylittää röntgenkuvassa 80 astetta, kolmella potilaalla neljästä on kohtalainen tai vaikea restriktiivi-

nen keuhkosairaus, mikä tarkoittaa keuhkojen nopean vitaalikapasiteetin olevan alle 80 % viitearvoista virtaustilavuusspirometriassa (2). Vaikea skolioosi myös jatkaa etenemistään, vaikka kasvukausi olisikin jo päättynyt (3).

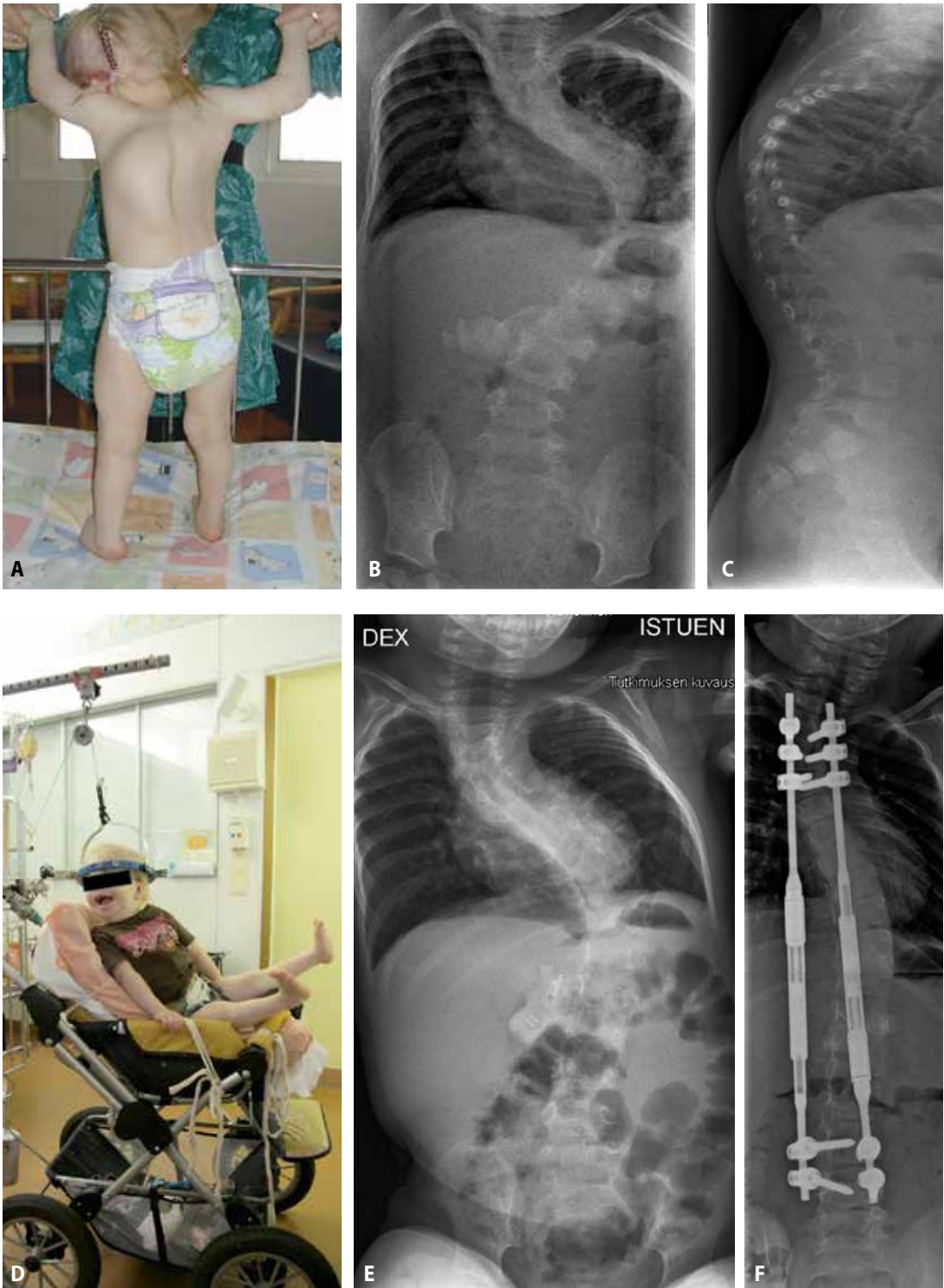
Vaikea skolioosi on edelleen merkittävä hoitollinen haaste, koska erityisesti rintarangan skolioosi suuriasteisena on erittäin jäykkä, ja tästä syystä pelkästään takakautta tehtävällä skolioosin korjauksella voidaan saavuttaa ainoastaan kohtalainen käyryyden korjautuminen. Aiemmin näissä tilanteissa on käytetty edestä ja takaa tehtävää lähestymistapaa, joka kuitenkin erityisesti rintarangan alueella heikentää keuhkojen toimintakykyä jopa viisi vuotta leikkauksen jälkeen (4).

Vaikean skolioosin etiologia

Vaikean skolioosin taustalla voi olla infantiili (imeväisiän) idiopaattinen skolioosi (**KUVA 1**), juveniili (lapsuusiän) idiopaattinen skolioosi (**KUVA 2**), neurologiseen perussairauteen liittyvä skolioosi (neuromuskulaariskolioosi) tai luuston kehityshäiriö (5, 6, 7, 8). Nuoruusiän idiopaattinen skolioosi etenee harvoin vaikeaksi, koska suomalainen kouluterveydenhuolto pystyy yleensä identifioimaan nämä potilaat viimeistään skolioosin edettyä leikkausta vaativaan vaiheeseen (yli 45 asteen skolioosi). Kun nuoruusiän idiopaattinen skolioosi kehittyy vaikeaksi, on taustalla muita komplisoivia tekijöitä, kuten kouluterveydenhuollon tarkastusten välttely, muu sairaus (syömishäiriöt) tai esimerkiksi teiniraskauden aiheuttama viive hoidon aloituksessa.

Infantiili idiopaattinen skolioosi on usein nopeasti etenevä ennen kolmea ikävuotta todettava skolioosi (9). Ilman asianmukaista hoitoa, kuten toistokipsauksen aloitusta, 1785

KATSAUS



KUVA 1. A–C) 2,5-vuotiaan tytön vaikea infantiili skolioosi, joka aiheuttaa selän huomattavan virheasennon ja vaikean restriktiivisen keuhkosairauden. Etu ja sivuröntgenkuvat. D–F) Kolmen kuukauden kallovedolla saatiin hyvä oikeeneminen skolioosiin ja röntgenkuvassa 4,5-vuoden seurannassa erinomainen virheasennon korjaantuminen ulkoisella magneettikentällä pidennettävillä skolioositangoilla.

on infantiililla skolioosilla taipumus edetä jo muutamien kuukausien aikana vaikeaksi (KUVA 1). Sen hoito edellyttää useita leikkauksia, koska on pystyttävä hallitsemaan sekä selän virheasento että mahdollistettava selän pituuskasvun jatkuminen. Keuhkojen normaalin toimintaosuuden saavuttamiseksi tulisi rintarangan pituuden ylittää minimissään 22 cm:iin, mikä vastaa normaalin kymmenvuotiaan lapsen rintarangan pituutta (10). Infantiilin skolioosin hoitoon on aivan viime vuosina saatu ulkoisella magneettikentällä pidennettävät skolioositangot, joiden ansiosta uusintaleikkausten määrää voidaan vähentää merkittävästi (11) (KUVA 1).

Neurologiseen perussairauteen voi liittyä hyvin vaikea skolioosi (8, 12, 13). Neuromuskulaarisen skolioosin pahenemista ei voida samalla tavalla estää korsettihoitolla kuin idiopaattisen skolioosin. Tähän on osasyynä se, että monet neuromuskulaarisesta skolioosista kärsivät potilaat eivät pysty käyttämään kovamuovista Boston-mallista korsettia. Toisaalta hoidon viiveet ovat usein näillä potilailla pidemmät, ja myös leikkauspäätöksen tekeminen neurologisesti sairaalla lapsella on vaikeampaa kuin muutoin terveellä lapsella. Yli 70 asteen neuromuskulaarinen skolioosi on itsenäinen sairaalahoitoon johtavan keuhkokuumeen riskitekijä (oma julkaisematon havainto).

Ennen leikkausta

Ei-leikkauksellinen hoito. Korsettihoito on näyttöön perustuva nuoruusiän idiopaattisen skolioosin hoitomuoto silloin, kun skolioosin aste on 20 ja 45 asteen välillä ja lapsi kasvaa vielä (14). Skolioosin edetessä vaikeaksi ei korsettihoitosta ole enää apua ja leikkaus on ainoa vaikuttava hoitomuoto.

Leikkausta edeltävä hoito. Vaikeata skolioosia voidaan korjata noin 30–40 % leikkausta edeltävällä kallovedolla (15). Hoito toteutetaan tavallisesti käyttäen kallon luuhun kiinnitettävää halokaarta, ja kallovetopainoa lisätään noin 10 % potilaan painosta kahden–kolmen viikon aikana aina 50 %:iin asti potilaan painosta (KUVAT 1 ja 2). Kallovedon aikana on seurattava lapsen neurologista sta-

tusta erityisesti aivohermojen osalta, tavallisin oire liian nopeasti nostetusta kallovedon määrästä on nystagmus tai kaularangan kipu, jolloin kallovedon määrää on väliaikaisesti syytä laskea. Kallovetoa pidetään yleensä 24 tuntia vuorokaudessa, mutta kävely erillisellä telineellä on mahdollista, ja vetoa vähennetään makuuasentoon mennessä.

Kalloveto voi olla vasta-aiheinen, mikäli potilaalla todetaan kaularangan instabiliteetti (15). Riskiryhmissä kaularangan instabiliteetti tulee sulkea pois ennen kallovedon asettamista.

Kallovedon on osoitettu vähentävän erityisesti nikamanpoistoleikkausten tarvetta sekä suurentavan keuhkojen tilavuutta (15). Kallovedon aikana voidaan myös tehostaa hengitysharjoituksia (esimerkiksi puhallusharjoitukset pulloon), optimoida ravitsemus (ravitsemusterapeutin konsultaatio, gastrostooma) sekä valmistaa lasta ja perhettä skolioosileikkaukseen. Kalloveto näyttäisi toimivan parhaiten silloin, kun kyseessä on aiemmin leikkaamaton lapsi, suurin virheasento on kaularangan tai ylärintarangan alueella ja luusto on vielä kypsymätön (KUVA 1).

Leikkaushoidon mahdollisuudet

Skolioosi-instrumentaatiot ovat kehittyneet alkaen vuonna 1962 käyttöön otetusta Harringtonin sauvasta (16) aina 1990-luvulla käyttöön otettuihin pedikkeliruuvijärjestelmiin (17). Aiemmin vaikean skolioosin leikkaushoito perustui edestä ja takaa tehtävään selkäleikkaukseen (18). Etukautta poistettiin kolmesta viiteen välilevyä ja katkaistiin vahva selkärangan edessä kulkeva pitkittäinen selkärangan nivelside usealta eri tasolta. Varsinainen virheasennon korjaava leikkaus tehtiin usein noin viikon kuluttua käyttäen segmentaalista selkärangan instrumentaatiota, jossa yhdisteltiin koukku-, vaijeri- ja ruuvifiksaatiotekniikat. Näin menetellen pystyttiin korjaamaan kohtalaisella tuloksella vaikeampiakin selän virheasentoja, mutta yhdistelmäleikkaukset olivat potilaille

Skolioosin edetessä vaikeaksi ei korsettihoitosta ole enää apua ja leikkaus on ainoa vaikuttava hoitomuoto

YDINASIAT

- ▶▶ Vaikea skolioosi aiheuttaa etenevän virheasennon, vaikka kasvu olisi jo päättynyt.
- ▶▶ Tilaan liittyy usein merkittävä restriktiivinen keuhkosairaus, joka suurentaa kuolleisuutta.
- ▶▶ Leikkausta edeltävä kalloveto korjaa osittain skolioosia ja helpottaa vaikean skolioosin leikkausta.
- ▶▶ Nikamanpoisto mahdollistaa selän vaikeiden virheasentojen tehokkaan hoidon mutta on teknisesti hyvin vaativa ja komplikaatioaltis.
- ▶▶ Vaikeata skolioosia voidaan ja kannattaa hoitaa.

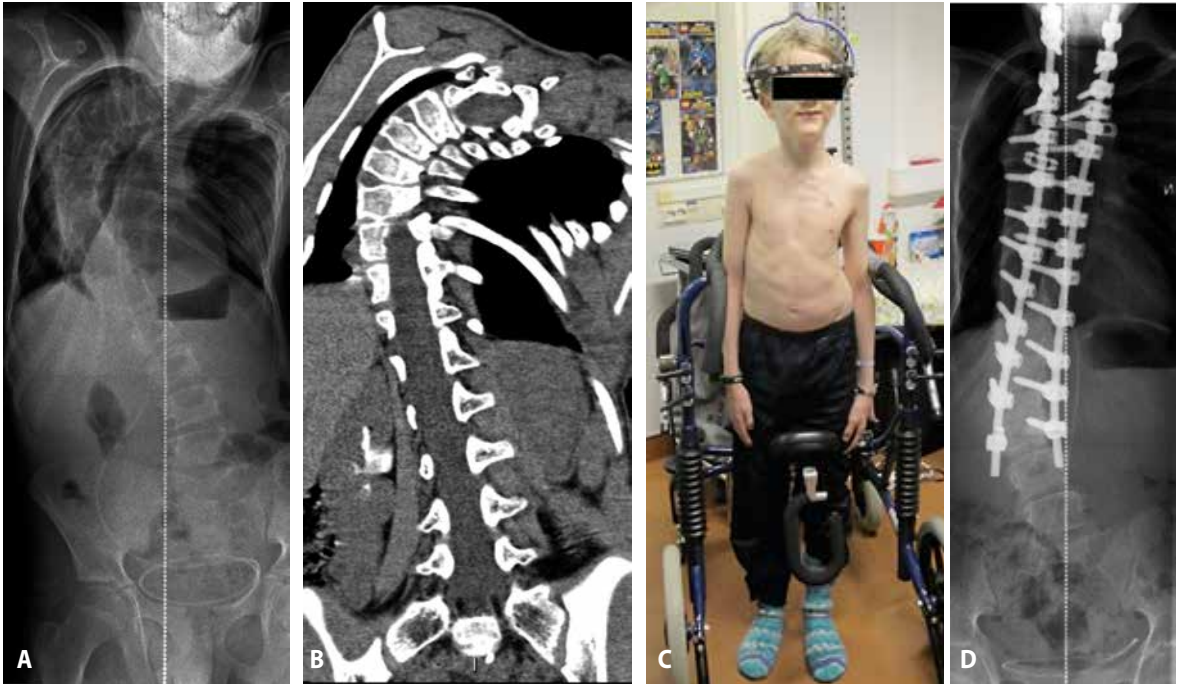
toipumisen näkökulmasta hyvin raskaita, ja myöhemmin opittiin myös, että selkärangan lähestyminen etukautta huononsi edelleen näiden potilaiden jo valmiiksi heikentynyttä keuhkojen toimintaosuutta (2, 4). Myötävaikuttavina tekijöinä edestä ja takaa tehtävien leikkausten vähenemiseen on myös suurempi keuhkokomplikaatioiden määrä, leikkausten pitempi kesto sekä vaskulaarisen paraplegian riski näissä toimenpiteissä (7, 8, 19).

Vaikean skolioosin pedikkeleiden instrumentointi on teknisesti erittäin vaativaa, koska skolioosi itsessään muuttaa nikamien rakennetta. Sisäkaarten puoleiset nikaman pedikkelit ovat rakenteeltaan pieniä ja sisältävät usein ainoastaan kovaa kortikaalista luuta (20). Siksi pedikkeliruuvijärjestelmiin on liitetty sekä neurologisten (selkäydin, hermojuuret) että viskeraalisten komplikaatioiden (suuret verisuonet, keuhkopussi) selkeästi suurentunut riski vaikeata skolioosia sairastavilla potilailla. Vaikea skolioosi korjaantuu paremmin, kun käytetään pedikkeliruuvijärjestelmiä verrattuna esimerkiksi koukku-, vajjeri- tai niiden yhdistelmiä sisältäviin instrumentaatioihin (8, 21). Pedikkeliruuviin asettamiseen kriittisissä paikoissa voidaan käyttää apuna navigaattoria ja leikkauksenaikaista leikekuvaustekniikkaa (22).

Pedikkeliruuvijärjestelmän etu aiempiin leikkaustekniikoihin verrattuna on myös mahdollisuus selän rotaatiovirheen korjaamiseen. Skolioosin huipun nikamat voidaan kääntää yhtenä blokkina kohti sisäkaarta, jolloin kylkikohouma korjautuu noin 50 % ilman, että kylkiluita tarvitsee resekoida. (23). Leikkausverenvuodon on myös osoitettu olevan selkeästi vähäisempi käytettäessä pedikkeliruuvi- tekniikkaa verrattuna hybriditekniikoihin, koska tällöin tarpeetonta selkäydinkanavan avaamista ja selkäydinkanavaan tulevien implanttien asettamista voidaan välttää (21, 24).

Skolioosin oikenemistä voidaan edelleen edesauttaa leikkauksenaikaisella yhdistetyllä kallo- ja reisiluuvedolla (halo-femoraaliveto). Tällöin käytetään kallovetoa noin 20 % potilaan painosta lisättynä toisen tai molempien reisiluiden transkondylaariseen piikkivetoon (5). Leikkauksenaikainen halo-femoraaliveto toimii parhaiten silloin, kun virheasento sijaitsee rinta-lannerangan rajalla tai lannerangan alueella. Yhdistämällä veto pedikkeliruuvi- tekniikkaan voidaan rintarangan alueen vaikeata idiopaattista skolioosia korjata 44 % (5). Toisaalta voidaan myös kysyä, onko leikkaushoidon tulos riittävä, jos skolioosin aiheuttama virheasento on yli 100 astetta ja siitä korjaantuu alle 50 %, mikä tarkoittaa sitä, että jäljelle jäävä skolioosin aste on edelleen lähes 60 astetta.

Tehokkain tapa korjata vaikea skolioosi silloin, kun muut menetelmät eivät ole riittäviä, on poistaa nikama käyryyden huipun alueelta. Tekniikka on alun perin kehitetty aikuis- ten jäykkien virheasentojen hoitoon, mutta vuonna 2009 julkaistiin ensimmäinen vain takakautta tehty lasten kokonikaman poisto Yhdysvalloissa ja vuonna 2012 Euroopassa. Nikamanpoistot aloitettiin edestä ja takaa tehtävällä tekniikalla, mutta leikkaustekniikoiden kehittymisen myötä opittiin sama leikkaus tekemään pelkästään selän puolelle tehtävästä avauksesta, joka säästää potilasta, mutta on aiempaa teknisesti vaikeampi (7, 13, 25, 26, 27). Jälkimmäisessä tekniikassa selkänikamia lähestytään poistamalla molemmin puolin noin viiden senttimetrin pala kyseisen nikaman kohdalla olevista kylkiluista. Useimmiten nikaman runko-osa poistetaan paloina, mutta



KUVA 2. A) Yksitoistavuotiaan pojan rintarangan vaikea juveniili idiopaattinen skolioosi (125 astetta). Preoperatiivinen keuhkojen nopea vitalikapasiteetti 0,97 litraa. B) 2D-reformaattikuva osoittaa selkärangan painavan oikean keuhkon vaikeasti kasaan. C) Leikkausta edelsi kuuden viikon mittainen kallovetojakso. Kallovetoteline mahdollistaa potilaan mobilisoinnin. D) Tehtiin rintarangan Th7-nikaman poisto takakautta ja pitkä pedikkeli-ruuvi-instrumentaatio. Kahden vuoden seurantakäynnillä keuhkojen nopea vitalikapasiteetti oli kaksinkertais-
tunut (1,97 litraa).

kasvaintapauksessa se on myös poistettavissa kokonaisena.

Nikaman runko-osan poisto vapauttaa selkärangan täysin ja mahdollistaa tutkimusten mukaan noin 55–65 %:n virheasantokorjauksen. Parhaiten nikamanpoistotekniikka toimii silloin, kun kyseessä on lyhyellä matkalla oleva terävä selän virheasento. Nikamanpoistoleikkaus parantaa vaikeasta selän virheasennosta kärsivän lapsen tai nuoren elämänlaatua ja keuhkojen toimintakapasiteettia, ja valtaosa potilaista on erittäin tyytyväisiä hoidon lopputulokseen (7, 27).

Tuoreen suomalaistutkimuksen mukaan kuolleisuutta ei esiintynyt vaikean skolioosin leikkaushoidon jälkeen, mikä tarkoittanee sitä, että myös neurologisesti sairaiden lasten operatiivinen ja postoperatiivinen hoito voidaan optimoida siten, että he selviytyvät leikkauksesta (8).

Peri- ja postoperatiivinen hoito

Laadukkaalla skolioosianestesiolla on merkittävä vaikutus esimerkiksi leikkauksenaikaiseen verenvuotoon (28). Selkäytimen verenkierto-olosuhteiden muuttumisen aiheuttamaa neurologisen vaurion riskiä voidaan mahdollisesti vähentää pitämällä yllä keinotekoisesti tavanomaista korkeampaa keskiverenpainetta selkärangan korrektiovaiheessa ja sen jälkeen. Kliinisen neurofysiologin suorittamalla spinaalimonitoroinnilla voidaan vähentää selkäytimen uhkaavassa vauriotilanteessa vaurion laajuutta reagoimalla kirurgisesti nopeasti tapahtuvaan monitorointimuutokseen (29).

Vaikean skolioosin leikkauksenjälkeinen hoito toteutuu optimaalisimmalla tavalla lasten teho-osastolla. Koska monilla lapsilla on kehittynyt restriktiivinen keuhkosairaus, pyritään nopeaan ekstubaatioon mutta samalla

optimoimaan keuhkojen tuuletus kaksois-paineventilaatiojärjestelmällä. Tavallisin syy tehohoidon pitkittymiseen on lisääntynyt keuhkojen limaisuus, ja tällöin usein tarvitaan toistuvia keuhkoputkien huuhteluita tähyystoimenpitein.

Leikkauksen jälkeinen onnistunut kivunhoito on hyvän toipumisen keskeinen elementti. Hyvä kivunhoito mahdollistaa myös hengitysharjoitusten varhaisemman aloittamisen sekä nopeamman mobilisoinnin (istumaan pyritään ensimmäisenä leikkauksen jälkeisenä päivänä, seisomaan toisena).

Komplikaatiot

Vaikean skolioosin komplikaatiofrekvenssi on suurempi kuin tavanomaisen idiopaattisen skolioosin (13, 30). Tuoreessa pohjoisamerikkalaisessa monikeskusaineistossa yli puolella 147 lapsipotilaasta, jolle tehtiin nikaman poisto vaikean skolioosin hoitona, todettiin jokin komplikaatio (13). Tavallisimmat vaikean komplikaatiot liittyvät merkittävään leikkaustraumaan (verenvuoto), pitkään leikkauksen kestoon (hypotermian ehkäisy, infektiot) sekä hengitysmekaniikan muuttumisesta seuraavat keuhkojen komplikaatiot (atelektaasi, keuhkoinfektiot). Käytettyjen implanttien virheasemoinnista johtuvat komplikaatiot kuten ilmarinta, verisuonivauriot tai selkäytimen

mekaanisesta kompressiosta aiheutuvat komplikaatiot ovat kokeneissa käsissä hyvin harvinaisia (13). Leikkauksenaikaisella selkäytimen monitoroinnilla voidaan vähentää paraplegian riskiä myös nikamanpoistoleikkauksissa (29). Vaikka leikkaukseen liittyikin merkittävä komplikaatiofrekvenssi, on tärkeää huomata, että myös hoitamattomiin synnynnäisiin nikamaepämuodostumiin liittyy suuri selkäytimen vaurioitumisriski (31). Merkittävällä osalla neurologisesti sairaista lapsista kehittyä skolioosileikkauksen jälkeen ilman leikkausta korjautuva suolilama (6). On myös osoitettu, että leikkaavan kirurgin yli kymmenen vuoden kokemus skolioosikirurgiasta vähentää komplikaatiofrekvenssiä ja lyhentää sekä leikkauksenaikaa että leikkauksenvuotoa (32).

Lopuksi

Vaikean skolioosin suurta komplikaatioiden esiintymistiheyttä voidaan vähentää huolellisella etukäteissuunnittelulla (ravitseminen, epilepsialääkitys, leikkaustekniset ratkaisut). Eriyisesti nikamanpoistoleikkausta edellyttävien vaikeiden skolioosien toimenpiteet ovat maassamme harvinaisia – mutta samalla teknisesti hyvin vaativia – jolloin niiden keskittäminen on erittäin perusteltua. Vaikeata skolioosia voi ja kannattaa hoitaa. ■

* * *

Kiitämme erikoislääkäri Janne Suomista ja sairaanhoitaja Hanna Oksasta arvokkaista kommenteista käsikirjoitusta viimeisteltäessä.

ILKKA HELENIUS, dosentti, kirurgian, lastenkirurgian sekä ortopedian ja traumatologian, erikoislääkäri, osastonylilääkäri

OLLI PAJULO, dosentti, kirurgian, lastenkirurgian sekä ortopedian ja traumatologian erikoislääkäri, lastenkirurgian vastualuejohtaja

Tyks, lasten ja nuorten klinikka, Lastenortopedian ja traumatologian osaamiskeskus

SIDONNAISUDET

Ilkka Helenius: Asiantuntija (Medtronic, Baxter, Depuy Synthes), kongressimatkat (Medtronic, Baxter, Depuy Synthes), tutkimukseen myönnetty tuki teollisuudesta (Medtronic, Baxter, Depuy Synthes).

Olli Pajulo: Kongressimatkat (Medtronic, Baxter, Depuy Synthes), tutkimukseen myönnetty tuki teollisuudesta (Medtronic, Baxter, Depuy Synthes).

KIRJALLISUUTTA

1. Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine (Phila Pa 1976)* 1992;17:1091–6.
2. Newton PO, Faro FD, Gollogly S, Betz RR, Lenke LG, Lowe TG. Results of preoperative pulmonary function testing of adolescents with idiopathic scoliosis. A study of six hundred and thirty-one patients. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:1937–46.
3. Newton PO, Wenger DR, Yaszay B. Idiopathic scoliosis. Kirjassa: Morrissy RT, Weinstein SL, toim. Lovell & Winter's pediatric orthopaedics. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2006, s. 693–762.
4. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Kim KL, Steger-May K. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:1534–41.
5. Hamzaoglu A, Ozturk C, Aydogan M, Tezer M, Aksu N, Bruno MB. Posterior only pedicle screw instrumentation with intraoperative halo-femoral traction in the surgical treatment of severe scoliosis (>100 degrees). *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33:979–83.
6. Jalanko T, Helenius I, Pakarinen M, ym. Effects of surgical correction of neuromuscular scoliosis on gastric myoelectrical activity, emptying, and upper gastrointestinal symptoms. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2014;58:38–45.
7. Lenke LG, O'Leary PT, Bridwell KH, Sides BA, Koester LA, Blanke KM. Posterior vertebral column resection for severe pediatric deformity: minimum two-year follow-up of thirty-five consecutive patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:2213–21.
8. Helenius I, Mattila M, Jalanko T. Morbidity and radiographic outcomes of severe scoliosis of 90° or more: a comparison of hybrid with total pedicle screw instrumentation. *J Child Orthop* 2014;8:345–52.
9. Helenius I, Parkkila T. Varhaislapsuuden skolioosin vanhat ja uudet hoitomenetelmät. *Duodecim* 2008;124:2541–6.
10. Karol LA, Johnston C, Mladenov K, Schochet P, Walters P, Browne RH. Pulmonary function following early thoracic fusion in non-neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:1272–81.
11. Dannawi Z, Altaf F, Harshavardhana NS, El Sebaie H, Noordeen H. Early results of a remotely-operated magnetic growth rod in early-onset scoliosis. *Bone Joint J* 2013;95-B:75–80.
12. Sponseller PD, Jain A, Lenke LG, ym. Vertebral column resection in children with neuromuscular spine deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:E655–61.
13. Lenke LG, Newton PO, Sucato DJ, ym. Complications after 147 consecutive vertebral column resections for severe pediatric spinal deformity: a multicenter analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38:119–32.
14. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. *N Engl J Med* 2013; 369:1512–21.
15. Sponseller PD, Takenaga RK, Newton P, ym. The use of traction in the treatment of severe spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33:2305–9.
16. Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am* 1962; 44-A:591–610.
17. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Chung YJ, Park YB. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995;20:1399–405.
18. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, Luhmann SJ, Bridwell KH. Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90 degrees. *Spine (Phila Pa 1976)* 2006;31:2386–91.
19. Helenius I. Anterior surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop* 2013;7:63–8.
20. Watanabe K, Lenke LG, Matsumoto M, ym. A novel pedicle channel classification describing osseous anatomy: how many thoracic scoliotic pedicles have cancellous channels? *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35:1836–42.
21. Cheng I, Kim Y, Gupta MC, ym. Apical sublaminar wires versus pedicle screws: which provides better results for surgical correction of adolescent idiopathic scoliosis? *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30:2104–12.
22. Jeswani S, Drazin D, Hsieh JC, ym. Instrumenting the small thoracic pedicle: the role of intraoperative computed tomography image-guided surgery. *Neurosurg Focus* 2014;36:E6.
23. Mattila M, Jalanko T, Helenius I. En bloc vertebral column derotation provides spinal derotation but no additional effect on thoracic rib hump correction as compared with no derotation in adolescents undergoing surgery for idiopathic scoliosis with total pedicle screw instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38:1576–83.
24. Mattila M, Jalanko T, Puisto V, Pajulo O, Helenius I. Hybrid versus total pedicle screw instrumentation in patients undergoing surgery for neuromuscular scoliosis: a comparative study with matched cohorts. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:1393–8.
25. Bradford DS, Tribus CB. Vertebral column resection for the treatment of rigid coronal decompensation. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997;22:1590–9.
26. Suk SI, Kim JH, Kim WJ, Lee SM, Chung ER, Nah KH. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27:2374–82.
27. Helenius I, Serlo J, Pajulo O. The incidence and outcomes of vertebral column resection in paediatric patients: a population-based, multicentre, follow-up study. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:950–5.
28. Verma K, Errico T, Diefenbach C, ym. The relative efficacy of antifibrinolytics in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:e80.
29. Cho SK, Lenke LG, Bolon SM, ym. Can intraoperative spinal cord monitoring reliably help prevent paraplegia during posterior vertebral column resection surgery? *Spine Deform* 2015;3:73–8.
30. Miyajiri F, Slobogean GP, Samdani AF, ym. Is larger scoliosis curve magnitude associated with increased perioperative health-care resource utilization?: a multicenter analysis of 325 adolescent idiopathic scoliosis curves. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94:809–13.
31. McMaster MJ, Singh H. The surgical management of congenital kyphosis and kyphoscoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001; 26:2146–54.
32. Cahill PJ, Pahys JM, Asghar J, ym. The effect of surgeon experience on outcomes of surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:1333–9.

Summary

Treatment of severe scoliosis

Untreated severe scoliosis results in a serious malposition of the back, restrictive lung disease and increases mortality compared with the normal population. Idiopathic scoliosis rarely reaches a severe degree. In the treatment of severe scoliosis, preoperative head traction of several weeks' duration has proven a safe and effective method of correcting the malposition, and will also make scoliosis surgery technically easier. Most cases of severe scoliosis can be treated with anterior pedicle screw instrumentation, and vertebrectomy is only seldom required.