



**Linda Helenius**  
LL, erikoislääkäri  
TOTEK, TYKS  
linda.helenius[at]tyks.fi



**Riku Aantaa**  
professori  
TOTEK, TYKS  
riku.aantaa[at]tyks.fi

# Skolioosianestesian erityispiirteet

Idiopaattinen skolioosi on yli 10-vuotiaiden lasten tavallisin suurta leikkaushoitoa edellyttävä sairaus. Leikkauksessa manipuloidaan selkärankaa ja selkäydintä ja leikkaus asettaa monia vaatimuksia hoitavalle anestesia­lääkärille. Kirurgisiin komplikaatioihin pitää osata varautua ja toimenpiteen luonne vaatii tiukkaa hemodynaamiikan ja koagulaation hallintaa sekä potilaan lämpö­taloudesta huolehtimista.

**S**kolioosi tarkoittaa selän vinoutumista. Skolioosiin liittyy selkärangan sivusuuntaisen käyristymisen lisäksi myös rangan kiertymistä horisontaalitasossa käyryyden kuperuutta kohti. Skolioosiin liittyy myös fysiologisen kyfoosin ja lordoosin muuttumista. Skolioosi on siis käytännössä kolmiulotteinen muutos. Lievän skolioosin yleisyys on noin 7% ja hoitoa vaatii noin 0,2% ikäluokasta. Skolioosi luokitellaan syntymekanisminsa perusteella kolmeen ryhmään: idiopaattinen, synnynnäinen ja muihin sairauksiin liittyvä skolioosi (1,2).

Idiopaattinen eli tuntemattomasta syystä joutuva skolioosi voi alkaa jo varhaislapsuudessa, mutta tyypillisimmillään se ilmaantuu murrosiän kasvupyrähdys­yhteydessä. Idiopaattinen skolioosi jaetaan alkamisikänsä perusteella kolmeen alaryhmään: infantiili (0–3 vuotiailla), juveniili (3–10 vuotiailla) ja adolescentti eli nuoruusiän skolioosi (>10 vuotiailla). Näillä potilailla nikamat ja välilevyt ovat rakenteeltaan normaalit (3). Hoitoa vaativa nuoruusiän idiopaattinen skolioosi on työllä lähes 10 kertaa yleisempi kuin pojilla.

Ennen kymmenettä ikävuotta alkanutta mitä tahansa skolioosia kutsutaan varhaislapsuuden skolioosiksi. Varhaislapsuuden skolioosit ovat kasvun myötä nopeasti eteneviä ja hoitamattomana lisäävät kuolleisuutta vaikean restriktiivisen

keuhkosairauden sekä sydämen oikean puolen kuormittumisen vuoksi (4). Vaikean skolioosin (110 astetta) on osoitettu olevan itsenäinen riskitekijä hengitysvajaukselle ja hengityskonehoidon tarpeelle (5). Synnynnäinen skolioosi puolestaan johtuu sikiöaikaisen kehityksen häiriöstä, jossa nikamien rakentuminen on häiriintynyt. Usein potilaalla on tällöin muidenkin elinjärjestelmien häiriöitä. Ennuste vaihtelee harmittomasta erittäin hankalaan, johon voi liittyä selkäytimen tai keuhkojen toimintahäiriö.

Useisiin lapsuuden neurologisiin tai lihassairauksiin voi liittyä skolioosin kehittyminen, nk neuromuskulaarinen skolioosi. Kohonnut skolioosiriski liittyy myös tiettyihin perussairauksiin, kuten Marfanin syndroomaan ja neurofibromatoosiin. Käytännössä vain synnynnäisestä nikamaepämuodostumasta tai neurofibromatoosista aiheutuvasta selän virheasennosta aiheutuu merkittävä halvaantumisriski ilman leikkaushoitoa (6,7).

**Selkärangan anatomia ja verenkierto**  
Neurologinen vaurio selkäytimen tai hermojuureen voi syntyä joko suoraan mekaanisesti instrumentaation yhteydessä, venytysvamman seurauksena tai selkäytimen verenkiertovajeen takia

**Infantiilin skolioosin hoidossa toistokipsaus yleisanestesiassa on erittäin vaikuttava hoito**

syntyneen iskemian seurauksena. Vuonna 1991 Scoliosis Research Society ja EuroSpine tekivät yhdessä analyysin 51000 kirurgisesta tapauksesta. Tutkimuksessa todettiin selkäydinvaurion ilmaantuvuuden olevan 0,6%. Selkäytimen venytyksestä johtuva vaurio oli yleisin. Neurologisen vaurion riskiä lisää neuromuskulaariskolioosi, merkittävä kyfoosi ja kombinoitu etu- ja takakautta tehtävä leikkaus.

Selkäytimen verenkierto on segmentaalinen. Selkäydin saa verensä kahdesta takimmaisesta valtimosta (25%) ja yhdestä etumaisesta valtimosta (75%). Nämä kulkevat selkäytimen suuntaisesti. Takimmaiset selkäydinvaltimot pitävät huolen sensoristen ratojen verensaannista ja etumainen valtimo huolehtii selkäytimen motoristen ratojen verenkierrosta. Suoraan aortasta haarautuvat radikulomedullaariset valtimot huolehtivat osittain rintarangan ja lannerangan alueen verenkierrosta. Merkittävä osa thoracolumbaalisesta verenkierrosta tulee yhden radikulomedullaarisen valtimon (a. adamkiewicz) kautta. Kaiken kaikkiaan vähemmän verta kiertää rintarangan alueella ja tämän takia tällä alueella hypoperfuusioriski on suurin (8,9).

Selkäytimen perfuusiopaine on keskivaltimopaineen ja selkäydinnesteen- tai keskuslaskimopaineen erotus, kumpi sitten kullakin hetkellä on korkeampi. Autoregulaatio toimii samalla tavalla selkäytimen tasolla kuin aivoissakin, ja se reagoi siis hypoksiaan, hyperkapniaan ja lämpötilavaihteluun.

## Leikkausindikaatiot

Skolioosin vaikeusaste mitataan yleensä röntgenkuvasta käyttäen nk. Cobbin menetelmää. Idiopaattisen skolioosin hoito on tarpeen, jos kasvavalla lapsella todetaan selän käyryyttä yli 25 astetta. Hoitona käytetään yleensä tukiliiviä eli korsettihoitoa. Korsettihoito ei varsinaisesti suorista jo syntyynyttä virheasentoa, mutta estää sen pahenemisen. Infantiilin skolioosin hoidossa toistokipsaus yleisanestesiassa on erittäin vaikuttava hoito, jos kipsaus päästään aloittamaan ennen kuin skolioosi on edennyt yli 60 asteen (10). Juveniilia ja nuoruusiän skolioosia voidaan hoitaa kasvuvaiheessa korsetilla, mikäli skolioosiröntgenkuvasta otettu Cobbin-kulma on 25–40 asteen välillä. Skolioosi kuuluu leikkaushoidon piiriin, kun Cobbin-kulma nuorella ylittää 45 asteen. Skolioosi korjataan useimmiten selän puolelta käyttäen nk. pedikkeliruuvi-instrumentaatiota, jolla vaikeakin skolioosi voidaan korjata hyvin



tuloksin. Jos kyseessä on alle 10-vuotias lapsi, voidaan pysyvän luudutuksen sijasta käyttää esimerkiksi ulkoisella magneetikentällä pidennettäviä tankoja (12). Erittäin vaikean skolioosin hoidossa saatetaan tarvita skolioosin apex-nikaman poistoa (2). Rinta-lannerangan rajalla oleva idiopaattinen skolioosi korjataan useimmiten etukautta thoracolumbotomia-avauksessa asetetulla instrumentaatiolla. Toimenpide ei kuitenkaan edellytä yhden keuhkon anestesiaa.

Modernin skolioosin leikkaushoidon myötä skolioosista korjaantuu noin 75%, syvien leikkaushaavatulehdusten riski on 1–2% ja vakavien selkäydinvaurioiden riski selkeästi alle 1% (13).

## Leikkaustaedeltävä arviointi

Preoperatiivisen arvion laajuus riippuu potilaan perussairauksista. Kaikilta muilta paitsi neuromuskulaariskolioosipotilailta otetaan koko selkärangan ja selkäytimen MRI. Tietokonetomografiakuvaus tutkitaan pääsääntöisesti vain

14-vuotiaan pojan kohtalainen idiopaattinen skolioosi ennen leikkausta ja sen jälkeen.

>>

synnynnäistä skolioosia sairastavilta. Muuten terveeltä potilaalta otetaan isoon leikkaukseen tulevan rutiininomaiset verikokeet ja sen lisäksi kaikilta skolioosileikkaukseen tulevilta katsotaan spirometria. Kardiologin konsultaatio, EKG sekä sydämen ultraäänitutkimus pyydetään kaikilta synnynnäistä skolioosia sairastavilta sekä lisäksi Marfanin oireyhtymä ja Duchennen lihasdystrofiapotilailta.

### Leikkauksenaikaiset haasteet ja selkäytimen toiminnan monitorointi

Lämpöaloudesta huolehtiminen on leikkauksen aikana tärkeää. Aktiivinen lämmön ylläpitäminen ja mittaamisen tulisi alkaa jo ennen anestesian induktiota. Leikkauksen asento – useimmiten vatsa-asento – asettaa erityisiä vaatimuksia. Hengitystyynyjen asialliseen sijoitteluun pitää kiinnittää huomiota. Myös käsien asettelussa täytyy olla huolellinen. Vatsan alueelle kohdistuva paine estää laskimopaluuta ja voi sitä myötä lisätä vuotoa. Silmien suojaaminen on tärkeää ja hoitavan ryhmän täytyy varmistaa, ettei niihin kohdistu painetta (8).

Neuromonitoroinnilla pyritään havaitsemaan mahdolliset selkäydinvauriot tai hermojuurivammat mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja optimaalisessa tilanteessa varoittamaan kirurgia etukäteen uhkaavasta vauriosta. Neuromonitorointi tapahtuu multimodaalisesti: sekä nousevia että laskevia radastoja tai radaston osia aktivoimalla ja niiden toimintaa seuraamalla voidaan arvioida radastojen toimintaa.

Somatosensoristen herätevasteiden (SSEP) mittaus tapahtuu stimuloimalla ääreishermostoa ja rekisteröimällä vasteita sensorisen radaston eri kohdista, ensisijaisesti sensoriselta aivokuorelta leikkauksen alueen yli. Motoriset herätevasteet (MEP) saadaan aikaan stimuloimalla sähköllä transkraniaalisesti motorista aivokuorta ja rekisteröimällä valikoitujen lihasten liikevasteita. Valituista lihaksista seurataan myös EMG-signaalia jatkuvalla rekisteröinnillä, jotta mahdolliset neuraalikudoksen ärtymisen seurauksena syntyvä spontaanitoiminta ja/tai neurotoniset sarjat voidaan havaita. Aivosähkötoimintaa (EEG) seurataan anestesia-ajan optimoimiseksi. Käytännössä EEG:n ollessa jatkuvaa (BIS taso > 30), ei ole odotettavissa merkittäviä ongelmia vasteiden esille tulossa.

Neurofysiologisia vasteita tulee aina seurata bilateraalisesti ja lähtötilanteen vasteisiin verraten. Vasteiden esilletulokynnykset ja vasteiden viipymät ovat yksilöllisiä ja riippuvat useista tekijöistä.

Äkilliset muutokset vasteissa tai vasteiden puuttuminen herättävät epäilyn mahdollisesta vauriosta. MEP-stimulaatioon liittyy myös voimakas lihas-supistus ja liike, joka tulee huomioida leikkauksen suunniteltaessa. Kielen, hampaiston ja huulien suojaamiseen täytyy tästä syystä kiinnittää erityistä huomiota vaurioiden ehkäisemiseksi.

Koska neurofysiologiset mittaukset skolioosileikkauksen aikana ovat neurologisten vaurioiden vuoksi välttämättömiä, tulee anestesia suunnitella siten, että herätevasteiden mittaukset pysyvät luotettavina (14). Melkein kaikki käyttämämme anestesia-aineet madaltavat synaptista toimintaa annosriippuvaisesti. Inhaloitavat anesteetit heikentävät herätevasteita voimakkaimmin. Niitä voi kuitenkin käyttää neuromonitoroinnin kanssa, jos annoksen säilyttää pienenä (alle 0.5 MAC), ja mikäli tarvitaan vain subkortikaalisia vasteita (15). Kortikaalisia vasteita ei kuitenkaan saada tällöin luotettavasti mitattua. Laskimoanesteettien vaikutukset mitattaviin vasteisiin ovat pienempiä. Propofolin induktioannos alentaa herätevasteiden amplitudeja, mutta anestesian ylläpitoon jatkuvana infuusiona tarvittavat annokset vaikuttavat herätevasteisiin enää minimaalisesti. Laskimoanestesia sopiikin sen takia hyvin skolioosianestesiaan. Laskimoanestesian voi rakentaa useista komponenteista. Opioidien vaikutus herätevasteisiin on vähäinen. Deksmetomidiniin vaikutus neurofysiologisiin mittauksiin on minimaalinen kun sitä käytetään 0.5–1.0 ug/kg/h annoksella. Deksmetomidiniin avulla voidaankin enemmän herätevasteisiin vaikuttavan propofolin annosta pienentää 30–50%. Ketamiini puolestaan nostaa vasteiden kortikaalisia amplitudeja. Bentosodiatsepiinien vaikutus neuromonitorointiin on vähäinen. Lihaselaksanttien käyttäminen leikkauksen aikana on vasta-aiheista, koska se estää motoristen vasteiden mittaamisen.

### Skolioosianestesia TYKS:ssä

Turussa skolioosipotilaita on leikattu keskitetysti kymmenkunta vuotta. Kopioimme alun perin ”skolioosianestesiareseptin” HUSin lastenklinalta, ja olemme sittemmin muokanneet sitä omiin olosuhteisiimme sopivaksi.

Indusoimme anestesian propofolilla ja remifentaniililla tavoiteohjatulla infuusiolla. Potilas intuboidaan ilman relaksanttia. Induktion jälkeen aloitamme tasaisen deksmedetomidini-infuusion 0,8 – 1 ug/kg/h pääsääntöisesti ilman latausannosta. Olemme huomanneet, että deksmedetomidiniin kanssa tarvittavat propofoli- ja

Modernin leikkaushoidon avulla skolioosista korjaantuu noin 75%

remifentaniiliannokset ovat varsin pieniä kun anestesian riittävyttä arvioidaan suoraan EEG:stä ja BIS:llä. Propofolin tavoitekonsentraatiot ovat useimmiten tasolla 1,5–2,0 ug/ml ja remifentaniilin 2,0–3,0 ng/ml. BIS-tavoitteemme on 40–60, mutta tavoiteikkunamme alarajoilla herätevasteet alkavat jo osalla heikentyä ainakin anestesian loppua kohden. Ajatuksemme on, että potilaan tajuisuus lamataan pienimmällä mahdollisella propofoli-deksmedetomidini-kombinaatiolla ja anestesian riittävyys taataan viime kädessä remifentaniililla.

Kaikki potilaat saavat induktiossa beetameta-sonia, kefuroksiimiä ja vankomysiiniä antibioottiprofylaksiana sekä traneksaamihappoa (30 mg/kg) vuotoa ehkäisemään. Traneksaamihappo jatkuu infuusiona (10 mg/kg/h) koko leikkauksen ajan. Potilaiden keskivaltimopaine pidetään leikkauksen aikana ja 24 tuntia leikkauksen jälkeen tasolla 70–75 mmHg. Selkärangan korrektoivaiheessa pyrimme pitämään keskivaltimopaineen yli 75 mmHg. Koska herätevasteet ovat herkkiä myös lämpötilan laskulle, huolehdimme lämpötasapainosta tarkasti pitämällä potilaan ydinlämmön tasolla 36,5–37,0 C.

Joskus harvoin kun herätevasteet katoavat, herätämme potilaan kesken toimenpiteen ja pyydämme tätä liikuttamaan raajojaan. Tällöin propofolin ja remifentaniilin annostelu keskeytetään, mutta deksmedetomidinin annostelua jatketaan. Ne muutamit potilaat, jotka olemme joutuneet herättämään kesken anestesian, eivät ole kokeneet tilannetta jälkikäteen kysyttäessä ahdistavaksi tai kivuliaaksi.

Leikkauksen lopussa potilaat saavat tavallisesti parasetamolia ja oksikodonia iv ennen remifentaniili-infuusion lopettamista. Potilaat herätetään aina leikkaussalissa ennen tehollista siirtoa. Pääsääntöisesti deksmedetomidini-infuusio jatkuu herätyksen ja ekstubaation ajan samalla annoksella kuin leikkauksen aikana ja hieman pienemmällä annoksella seuraavaan aamuun siten, että potilas on heräteltävissä ja kooperoiva.

### Leikkauksenjälkeinen kivunhoito

Useimmilla skolioosileikatuilla potilailla välitön leikkauksenjälkeinen hoito tapahtuu teho-osastolla tai tehovalvonnassa. Selän virheasentoleikkauksen jälkeen postoperatiivinen kipu voi olla haastava ja sen optimaalinen hoito on keskeinen asia. Hyödynnämme kivunhoidossa multimedialista lähestymistapaa. Kaikki potilaat saavat parasetamolia, tulehduskivunlääkettä ja opioideja

jossain muodossa. Potilaan ikä ja kehitystaso sallii usein PCA-laitteen käytön, mutta myös opioidiagonistin ja antagonistin yhdistelmävalmiste sopii näiden potilaiden kivunhoitoon. Olemme satunnaisesti käyttäneet intratekaalista morfinia, jonka on todettu vähentävän leikkauksenjälkeistä kipua paremmin kuin pelkkä systeemisesti annosteltu opioidi (16). Myös epiduraalinen kivunhoito on osoittautunut tehokkaaksi tutkimusnäytön perusteella, mutta emme ole ainakaan vielä hyödyntäneet sitä (16,17).

Kiitämme erikoislääkäri Antti Puhakkaa asiantuntevista kommentista artikkelin kirjoitusvaiheessa. Katsauksen kirjoittamista on tukenut Finska Läkarsällskapet. ■

### Viitteet:

1. Helenius I. Kasvuikäisen selkäongelmien kirurginen hoito. *Duodecim*. 2009;125(11):1168–75.
2. Helenius I ja Pajulo O. Vaikean skolioosin hoito. *Duodecim*. 2015;131(19):1785–91.
3. JAMES JI. Idiopathic scoliosis; the prognosis, diagnosis, and operative indications related to curve patterns and the age at onset. *J Bone Joint Surg Br*. 1954 Feb;36-B(1):36–49.
4. 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 Sep;17(9):1091–6.
5. Pehrsson K, Nachemson A, Olofson J, Ström K, Larsson S Respiratory failure in scoliosis and other thoracic deformities. A survey of patients with home oxygen or ventilator therapy in Sweden. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992 Jun;17(6):714–8.
6. Pehrsson K, Danielsson A, Nachemson A. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a 25 year follow up after surgery or start of brace treatment. *Thorax*. 2001 May;56(5):388–93.
7. McMaster MJ, Singh H. Natural history of congenital kyphosis and kyphoscoliosis. A study of one hundred and twelve patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1999 Oct;81(10):1367–83.
8. Gibson PR. Anaesthesia for correction of scoliosis in children. *Anaesth Intensive Care*. 2004 Aug;32(4):548–59.
9. Miller RD et al. Miller's Anesthesia.
10. Mehta MH. Growth as a corrective force in the early treatment of progressive infantile scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 2005 Sep;87(9):1237–47.
11. Weinstein SL, Dolan LA, Wright JG, Dobbs MB. Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. *N Engl J Med*. 2013 Oct 17;369(16):1512–21.
12. Keskinen H, Helenius I, Mundis G ym. Comparison of primary and conversion technique using Magnetically controlled growing rods in the treatment of early onset scoliosis. *Eur Spine J* 2016 (in press).
13. SRS 2015 Morbidity and mortality database.
14. Glover CD, Carling NP. Neuromonitoring for scoliosis surgery. *Anesthesiol Clin*. 2014 Mar;32(1):101–14.
15. Zentner J, Albrecht T, Heuser D. Influence of halothane, enflurane, and isoflurane on motor evoked potentials. *Neurosurgery*. 1992 Aug;31(2):298–305.
16. Gauger VT, Voepel-Lewis TD, Burke CN, Kostrzewa AJ, Caird MS, Wagner DS, Farley FA. Epidural analgesia compared with intravenous analgesia after pediatric posterior spinal fusion. *J Pediatr Orthop*. 2009 Sep;29(6):588–93.
17. Milbrandt TA, Singhal M, Minter C, McClung A, Talwalkar VR, Iwinski HJ, Walker J, Beimesch C, Montgomery C, Sucato DJ. A comparison of three methods of pain control for posterior spinal fusions in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009 Jun 15;34(14):1499–503

**Neuromonitoroinnilla pyritään havaitsemaan mahdolliset selkäydinvauriot tai hermojuurivammat mahdollisimman varhaisessa vaiheessa**