

Lumbaalinen lordoosi: etiologinen tekijä istmisessä spondylolisteesissä?

Radiologinen tutkimus 1667 nuorelle selkäpotilaalle.

*Dietrich Schlenzka, Mauno Ylikoski, Timo Yrjönen, Leena Ristolainen, Jyrki Kettunen
Sairaala ORTON, Tutkimus ORTON, Arcada, Helsinki*

Lumbar lordosis has been mentioned as one aetiological factor in spondylolysis based on biomechanical and limited clinical studies.

Purpose of the study was to investigate the relationship between lumbar lordosis and isthmic spondylolisthesis in a significant number of children and adolescents.

From 1667 standing lateral radiographs of the whole spine, lumbar lordosis was measured by the same experienced radiologist. Sacral inclination was measured in 797 cases. The mean age of the patients was 13.8 ± 1.9 (9-19) years; 1422 were females and 245 were males.

Mean lumbar lordosis was $40.7^\circ \pm 11.7$ (-7-105), sacral inclination $52 \pm 8^\circ$ (15-76). One-hundred and fifty-one (9.1%) had isthmic spondylolisthesis. The mean slip was 18.1 ± 17.7 (1 to 100)%.

Of 798 patients with a lumbar lordosis over 40° , 13.9% had a spondylolisthesis. But only 4.6% of 869 patients with a lumbar lordosis of 40° or less ($p=0.001$) had a slip. Sacral inclination was significantly greater ($p=0.03$) in patients with spondylolisthesis. This seems to support the assumption mentioned above.

There was also a strong positive correlation between percentage of slip and the degree of lumbar lordosis. This may be due to decrease of L5-S1 lordosis during slip progression leading to a compensatory increase of the lordosis above. I.e. the increased lumbar lordosis in more severe slips could be at least partly a secondary phenomenon to the slip progression.

There is a correlation between isthmic spondylolisthesis and lumbar lordosis. However, the definitive role of lumbar lordosis for the development of isthmic spondylolisthesis cannot be clarified by measurements from radiographs of ol-isthetic individuals. A sufficient number of radiographs from asymptomatic patients with non-traumatic spondylolysis without a slip or radiographs taken before the event would be necessary. In addition, other factors like the mechanical strength of the bony isthmus and the supporting structures (intervertebral disc, ligaments, muscles) as well as external factors (e.g. repeated impact loading) are also important.

Spondylolyysin katsotaan liittyvän ihmisen pystyasentoon ja lannerangan lordoosiin. Ristiluun yläpäätelevyn kallistus eteenpäin ("Sacral slope", kuva 1) luo voimavektorin, joka ihmisen pystyasennossa ollen vaikuttaa alimpaan lannenikamaan nähden eteen ja alapäin. Tämän voiman suuruus on verrannollinen ristiluun inkliinaatioon (kulma S1-nikaman takaseinämän ja luotiviivan välillä, kuva 2) ja lannerangan lordoosiin. Normaaliolosuhteissa alin lannenikama ei liu'u eteenpäin, koska nikaman posterioriset luisset rakenteet, välilevy ja ligamentit neutraloivat tätä voimaa. Tämän seurauksena syntyy voiman keskittymä nikamakaaren istmukseen. Biomekaniikan näkökulmasta voidaan olettaa, että ihmisillä, joilla on suurempi ristiluun inkliinaatio ja lannelordoosi, on korkeampi riski saada nikamakaaren höltymä (spondylolyysi) ja istminen nikamasiirtymä (spondylolisteesi).

Kirjallisuudessa on useita tutkimuksia, jotka näyttävät todistavan tämän oletuksen kliinisissä potilassarjoissa. Ne raportoivat yksimielisesti, että potilailla, joilla on istminen spondylolisteesi, on merkittävästi suurempi lannelordoosi normaali vertailuryhmään verrattuna (1–5). Potilaat näissä tutkimuksissa ovat kui-

tenkin pääasiassa aikuisia tai kyseessä on ollut pienet aineistot, joista teini-ikäiset ja aikuiset käsiteltiin yhtenä ryhmänä. Näiden tutkimusten tulokset ovat mahdollisesti harhaanjohtavia potilaiden iän takia tai sen takia, että monella potilaalla oli kipuoireita ja osa oli jopa leikkauskandidaatteja. Vialle et al (6) julkaisivat monikeskustutkimuksen, jossa potilaiden ikä oli 6–25 (keskiarvo 13.9) vuotta. Tiedossamme on ainoastaan yksi julkaisu jossa tutkitaan ainoastaan lapsia ja nuoria (ikähaarukka 5–20 vuotta) yhdestä laitoksesta (7).

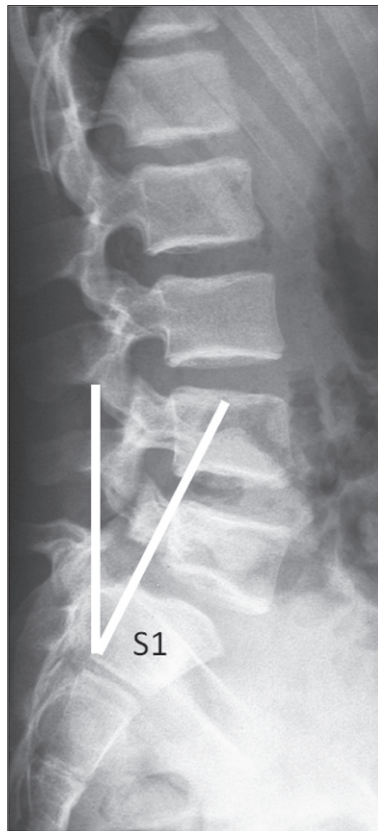
Tietävästi spondylolyysi kehittyy suurimmassa osassa tapauksista jo kasvukauden aikana. Tämän takia katsottiin oikeutetuksi tutkia lannelordoosin suuruuden ja spondylolyysi/olisteesin välinen suhde isommasta joukosta lapsia ja nuoria.

Aineisto ja metodit

Aineisto perustuu 1734 peräkkäiseen potilaaseen, jotka ovat käyneet Sairaala ORTONin lasten ja nuorten selkäpoliklinikalla selän asymmetrian, skolioosin tai rintarangan hyperkyfoosin takia. 77 potilasta jouduttiin sulkemaan pois puutteellisen datan tai huonon



Kuva 1
Ristiluun yläpäätelevyn kallistus "Sacral slope"



Kuva 2
Ristiluun inkliinaatio

röntgenkuvan takia. Tutkimusaineisto koostuu jäljellä olevista 1667 potilaista, joilta oli olemassa hyvälaatuiset seisten otetut pitkät PA- ja sivuröntgenkuvat torako-lumbo-sakraalirangasta. Heistä 1422 oli tyttöjä ja 245 poikia. Tutkittavien keski-ikä oli 13.8±1.9 (9–19) vuotta.

Kaikista sivukuvista mitattiin rintarangan kyfoosi T4–T12 ja lannerangan lordoosi L1–L5. Ristiluun inkliinaatio mitattiin vain viimeisistä peräkkäisistä 730 sivukuvasta. Mittaukset teki sama kokenut senioriradiologi (MY). Lumbo-sakraali-rajalta katsottiin, onko potilaalla spondylolyysi tai spondylolisteesi. Mahdollinen spondylolisteesi mitattiin Laurent ja Einolan (8) mukaan ja rekisteröitiin prosentteina. Potilaiden kliinisiä tietoja ei käytetty tähän tutkimukseen.

Tilastoanalyysi

χ^2 -testiä käytettiin vertailuihin. Merkitsevyyden taso oli $p < 0.05$

Tutkimusasetelma

Kyseessä on rekisteritietojen retrospektiivinen analyysi

Ettiset näkökulmat

Tutkimukseen ei tarvittu eettisen toimikunnan lupaa, koska röntgenkuvat otettiin alun perin kliiniseen tarkoitukseen eikä potilaiden henkilökohtaista tietoa tai kliinistä dataa ole käytetty.

Tulokset

Mittaustulokset ovat nähtävissä taulukosta 1. 151 (9.1%) potilaalla 1667:stä oli L5 nikaman istminen spondylolisteesi. Spondylolisteesi oli pojilla (29/245; 11.8%) yleisempi kuin tytöillä (122/1422; 8.6%). Tämä ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää. Spondylolisteetin esiintyvyyden ero ikäryhmissä <13.8 versus ≥ 13.8 vuotta (7.9% versus 8.5%) ei ollut myöskään merkitsevää. Korrelaatiot lannerangan lordoosin tai ristiluun inkliinaation ja istmisen spondylolisteetin esiintyvyyden välillä nähdään taulukosta 2. Raja-arvoiksi valittiin 40 asteen lannelordoosi ja 60 asteen ristiluun inkliinaatio. Tutkittavilla, joiden mitta-arvot olivat suurempia, oli merkitsevästi enemmän olisteesejä. Sama trendi nähdään taulukosta 3: mitä suurempi

Taulukko 1.

Röntgenmittausten tulokset 1667 potilaalta

Istmisen L5 olisteesi (n)	151/1667 (9.1%)
Siirtymän suuruus (%)	18.1±17.7 (1-100)
Lannerangan lordoosi (°)	40.7±11.7 (-7-105)
Ristiluun inkliinaatio (°) *	52.0±8.0 (15-76)
Rintarangan kyfoosi (°)	32.5±12.5 (-11-85)

* mitattu vain 730 potilaalta

lannelordoosi, sitä suurempi niiden potilaiden osuus, joilla on spondylolisteesi.

Pohdinta

Esitetty tutkimus näyttää vahvistavan lannerangan lordoosin ja istmisen spondylolisteetin esiintyvyyden välistä tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Muut tutkijat ovat todenneet saman jo aikaisemmin. (1–7,10).

Suurin osa aiemmista tutkimuksista käsittelee kuitenkin pienempiä määriä pääosin oireellisia aikuispotilaita. Tutkijoiden parhaan tiedon mukaan, tähän asti on julkaistu ainoastaan yksi tutkimus, jossa analysoidaan yhden laitoksen potilasaineisto, joka koostuu merkittävästä määrästä lapsia ja nuoria sekä potilaita vertailuryhmässä (7).

During et al (1) vertailivat 33 aikuispotilasta, joilla oli L5 spondylolyysi (n=10) tai Gradus I olisteesi (n=23), ja 52 normaalia aikuista. He löysivät merkitsevästi pienemmän lannerangan radiuksen eli suuremman lannelordoosin potilasryhmästä. He totesivat kuitenkin, että syy-yhteys jää epäselväksi.

Rajnic et al (2) tutkivat 48 oireellista aikuispotilasta, jotka tulivat leikkaukseen spondylolyysin ja Gradus I-III spondylolisteetin (L4=15, L5=33) vuoksi. Verrattuna 30 terveeseen aikuisen kontrolliryhmään potilailla oli merkitsevästi suurempi lannelordoosi ja S1 päätelevyn kallistuma (sacral slope). Heidän tulkintansa mukaan, suurentuneen lantion insidenssin ja lannerangan hyperlordoosin seurauksena lonkkanivelet sijaitsevat rangan luotiviivan etupuolella. Tämän seurauksena L5 nikama liukuu eteenpäin selän sagittaalitasapainon saavuttamiseksi kuten Schwab et al (9) ehdottivat.

Marty et al (3) analysoivat röntgenkuvat 39 suurimmaksi osaksi oireelliselta potilaalta (keski-ikä 30;

Taulukko 2.

Korrelaatiot lannelordoosin tai ristiluun inkliinaation suuruuden ja spondylolisteetin esiintyvyyden välillä.

Lannelordoosi (°)	n	Olisteesi +	%	
>40	798	111	13.9	
≤40	869	40	4.6	p=0.001
Ristiluun inkliinaatio (°)*				
>60	121	18	12.9	
<60	609	49	7.4	p=0.03

* mitattu vain 730 potilaalta

Taulukko 3.

Korrelaatio lannelordoosin suuruuden ja spondylolisteetin esiintyvyyden välillä

L-lordoosi (°) n	Olisteesi +	%	
>60	102	35	34.3
50-59	220	30	13.6
40-49	544	51	9.4
30-39	545	26	4.8
<30	256	9	3.5

12.7-67 vuotta), joilla oli lievä-asteinen L5 olisteesi ja vartasivat niitä 44 oireettoman henkilön röntgenkuviin (keski-ikä 24; 19-28 vuotta). He korostivat, että suurempi lantion insidenssi, joka liittyy suurempaan lannelordoosiin, predisponoi spondylolyyisin kehitykseen. Heidän potilaillaan on suurempi lannelordoosi kuin vertailuhenkilöillä vaikkakaan, ero ei ollut merkitsevä.

Jackson et al (4) esittivät 75 aikuispotilasta, joilla oli istminen olisteesi (suuruudeltaan 10–85%) ja 75 aikuisen vertailuryhmän. He löysivät merkittävästi suuremman T12–S1 lordoosin spondylolisteesiryhmästä. Samalla he kuvasivat pienemmän lantion lordoosin (pelvic lordosis = kulma S1:n yläpäätelyyn ja sen linjan välissä, joka vedetään lonkkanivelten keskipisteiden puolivälistä S1:n taka-yläkulmaan) olisteesipotilailla. He totesivat, että ne henkilöt, joilla on pienempi lantion lordoosi, tarvitsevat suuremman lannelordoosin sagittaalitasapainon saavuttamiseksi. Heidän mielestään lantion anatomia saattaa olla yhteydessä L5 istmiseen olisteesiin ja sen vaikeusasteeseen.

Omassa 13 sairaalaan monikeskustutkimukseensa Labelle et al (10) vertailivat 214 lapsen ja aikuis-

sen spondylolisteesipotilaan (Gradus 1–5) radiologia mittaauksia kontrolliryhmään, joka koostui 160 vapaaehtoisista nuorista aikuisista, joista suuri osa oli miehiä. He löysivät spondylolisteesiryhmästä merkittävästi suuremman lantion insidenssin, sacral slopen ja lannerangan lordoosin (66 vs. 42.7 astetta) verrattuna kontrolliryhmään. Alaryhmäanalyysi eri siirtymäasteista (Gradus 1–4) näytti tilastollisesti porrastetun nousun kaikissa kolmessa mittauksessa. Lannelordoosin keskiarvo lisääntyi 51.1 asteesta (Gradus 1) 83.1 asteeseen (Gradus 4). He korostavat lantion insidenssin merkitystä tärkeänä anatomisena parametrina verrattuna lannelordoosiin, joka on riippuvainen asennosta. He myöntävät kuitenkin, että tilastollinen korrelaatio ei välttämättä tarkoita syy-yhteyttä. Toisaalta he uskovat, että suurentunut lannelordoosi on suuren lantion insidenssin seuraus ja spondylolyyisille ja olisteesille predisponoiva tekijä.

Vialle et al (6) keräsivät 244 spondylolisteesipotilasta (ikä 6–25 vuotta, keskiarvo 13.9) viidestä eri laitoksesta. Heidän vertailuryhmänsä koostui 300 vapaaehtoisesta aikuisesta (ikä 20–70 vuotta, keski-arvo 35). Potilasryhmällä oli merkitsevästi suurempi lannelordoosi kuin vertailuhenkilöillä (70 vs. 43 astetta). He löysivät myös merkitsevän yhteyden lannelordoosin suuruuden ja nikamasiirtymän asteen välillä. Lisäksi he raportoivat lumbosakraalilordoosin pienevän ja lumbosakraalikyfoosin kehittyvän siirtymän kasvaessa. Heidän mielestään suuri-asteisissa olisteesissä lumbosakraalikyfoosi on vallitseva tekijä, joka täytyy ottaa huomioon keskusteltaessa patogeneesista. He tukevat myös sitä käsitystä, että korkea lantion insidenssi on predisponoiva tekijä L5 olisteesille ja liittyy suureen lannelordoosiin.

MacThiong et al (7) julkaisivat 131 nuoren spondylolisteesipotilaan (40 suuri-asteista, 91 lievä-asteis-

ta) hyvin sofistikoituneen analyysin, jossa vertailuryhmänä toimi 120 oireetonta henkilöä. Heidät katsottiin ”normaleiksi”, vaikka he saapuivat lähetteellä laitoksen skolioosipoliklinikalle. Tämä on ainoa julkaisu, jossa tutkittiin yksinomaan lapsia ja adoleksentteja sekä potilas- että vertailuryhmässä. Lievä-asteiset ja suuri-asteiset siirtymät analysoitiin erillisinä ryhminä. Lannelordoosi ja lantion insidenssi olivat merkitsevästi suurempia kummassakin ryhmässä vertailuryhmään verrattuna. Ne olivat myös suuri-asteisten ryhmässä suuremmat kuin lievä-asteisten ryhmässä. Artikkelin kirjoittajat toteavat, että esitetyt korrelaatiot eivät todista, että kyseessä olisi syy-yhteys.

Tässä raportoitavan tutkimuksen tulokset ovat yhteneväisiä yllä mainittujen kirjoittajien havaintojen kanssa. Suuri lannelordoosi on suhteessa istmiseen spondylolisteesiin. Tämä tuntuu loogiselta mekaaniselta näkökulmalta. Ongelmana on kuitenkin, että kyseessä on ns. post-hoc analyysi, emme tiedä, miten suuri henkilön lannelordoosi on ollut silloin, kun istmus katkesi, eli lyysi syntyi. Tähän tärkeään tosiasiaan kukaan aikaisemmista tutkijoista ei ole viitannut. Positiivinen korrelaatio siirtymän asteen ja lannelordoon suuruuden välillä, kuten myös Labelle et al (10) raportoivat, on ainakin osittain sekundaarinen ilmiö. Kun siirtymä lisääntyy, lumbosakraalilordoosi pienee. Suuri-asteisissa siirtymissä se muuttuu jopa lokaaliseksi kyfoosiksi. Sagittaalitasapainonsa säilyttämiseksi kyseessä oleva henkilö joutuu korostamaan lannelordooisiaan. Jos halutaan sulkea tämä sekundaarinen kompensatiomekanismi pois, olisi tehtävä vastaava tutkimus oireettomille henkilöille, joilla on ainoastaan spondylolyysi eikä siirtymää. Ideaali olisi seurata prospektiivisesti suurta lukumäärää terveitä lapsia. Tämä on luonnollisesti käytännössä mahdotonta säteilyriskin takia.

Retrospektiivisenä radiologisena tutkimuksena työssämme on tiettyjä puutteita. Meillä ei ollut käytävissä kliinisiä tietoja, jonka takia emme voineet sulkea pois kipuoireiden vaikutusta potilaan ryhtiin kuvaushetkellä. Olemme kuitenkin suhteellisen varmoja, että valtaosa potilaista oli kivuttomia. Selkäkipupotilailta otetaan yleensä ainoastaan lannerangan röntgenkuva eikä koko rangan pitkiä kuvia. Lantion insidenssiä, jonka merkityksestä nykyään paljon puhutaan, ei ole mitattu. Tämä ei ole ollut rutiinikäytäntö aikoina jolloin tämä tietokanta luotiin. Vertailuryhmämme ei edusta normaaliväestöä. Kaikki henkilöt tulivat skolioosipoliklinikalle selkädeformiteettiepäilyn takia, kuten MacThiong et al (7) tutkimuksessa. Vialle et al (6)

esittämä normaali vertailuryhmä koostui kokonaan aikuisista.

Uskomme, että istmisen spondylolisteesin syntyyn vaikuttaa monta tekijää. Lannelordoosin suuruudella on tässä kuitenkin todennäköisesti merkityksensä mekaanisena tekijänä. Nikamakaaren istmuksen mekaaninen vahvuus, tukirakenteiden (välilevy, siteet, lihakset) laatu ja ulkoiset tekijät kuten toistuva äkillinen kuormitus (esim. urheilussa) ovat varmasti myös hyvin tärkeitä.

Kirjallisuus

1. Doring J, Goudfrooij H, Keessen W, Beeker Th W, Crowe A: Toward standards for posture. Postural characteristics of the lower back system and pathologic conditions. *Spine*. 1985;10:83-87.
2. Rajnics P, Templier A, Skalli W, Lavaste F, Illés T: The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord & Techniques*. 2002;15:24-30.
3. Marty C, Boisaubert G, Descamps H, Montigny JP, Hecquet J, Legaye J, ym: The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients. *Eur Spine J*. 2002;11:119-125.
4. Jackson RP, Phipps T, Hales C, Suber J: Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis. *Spine*. 2003;28:151-160.
5. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Labelle H, Weidenbaum M: Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. *Spine*. 2006;31:2484-2490.
6. Vialle R, Ilharberborde B, Dauzac C, Lenoir T, Rillardon L, Guigui P: Is there a sagittal imbalance of the spine in isthmic spondylolisthesis? A correlation study. *Eur Spine J*. 2007;16:1641-1649.
7. Mac-Thiong J-M, Wang Z, de Guise JA, Labelle H: Postural model of sagittal spino-pelvic alignment and its relevance for lumbosacral developmental spondylolisthesis. *Spine*. 2008;33:2316-2325.
8. Laurent LE, Einola S: Spondylolisthesis in children and adolescents. *Acta Orthop Scand*. 1961;31:45-64.
9. Schwab FJ, Farcy J-PC, Roye DP: The sagittal tilt index as a criterion in the evaluation of spondylolisthesis. Preliminary observations. *Spine*. 1997;22:1661-1667.
10. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud É, Transfeld E, O'Brien M, Chopin D, ym: Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance. A correlation study. *Spine*. 2004;29:2049-2054.