

Lülisamba-vaagna parameetrid ja nende kompensatoorsed mehhanismid

Triin Valdmaa¹

Juhendaja: Taavi Toomela²

Keha tasakaal püstiasendis sõltub lülisamba kumeruste (kaela- ja nimmelordoos, rinnaküfoos) ning vaagna asetsuse vahekorrast. Neist ühe või teise komponendi nii funktsionaalsetest kui ka morfoloogilistest muutustest sõltub kehahoiak püstiasendis ning võivad kaasnedä mitmesugused vaevused. Lülisamba vaevustega kaasneva paremaks mõistmiseks on vaja hinnata lülisamba-vaagna parameetreid ja nendevahelisi seoseid. Neid saab hinnata kogu lülisammast haarava röntgenogrammi külgülevõttel. Artiklis on kirjeldatud sagedamini hinnatavaid lülisamba-vaagna parameetreid ning kompensatoorseid mehhanisme nende omavaheliste seoste häirumise korral.

Eesti Arst 2020; 99(8):489–492

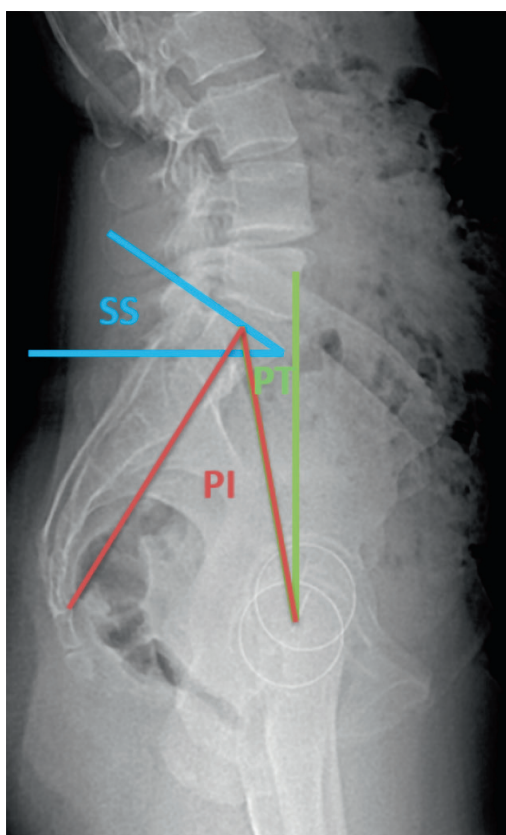
Saabunud toimetusse: 09.04.2019
Avaldamiseks vastu võetud: 21.07.2020
Avaldatud internetis: 28.09.2020

¹ TÜ meditsiiniteaduste valdkonna arstiteaduse üliõpilane,
² Ida-Tallinna Keskaigla kirurgiakliinik

Kirjavahetajaautor: Triin Valdmaa
valdmaatriin@gmail.com

Võtmesõnad: lülisamba joondumus, vaagna kalle, vaagna vahekord, nimmelordoos, rinnaküfoos

Eesti Arstiteadusüliõpilaste Seltsi ja ajakirja Eesti Arst artiklikonkursile „Minu esimene publikatsioon“ esitatud töö.



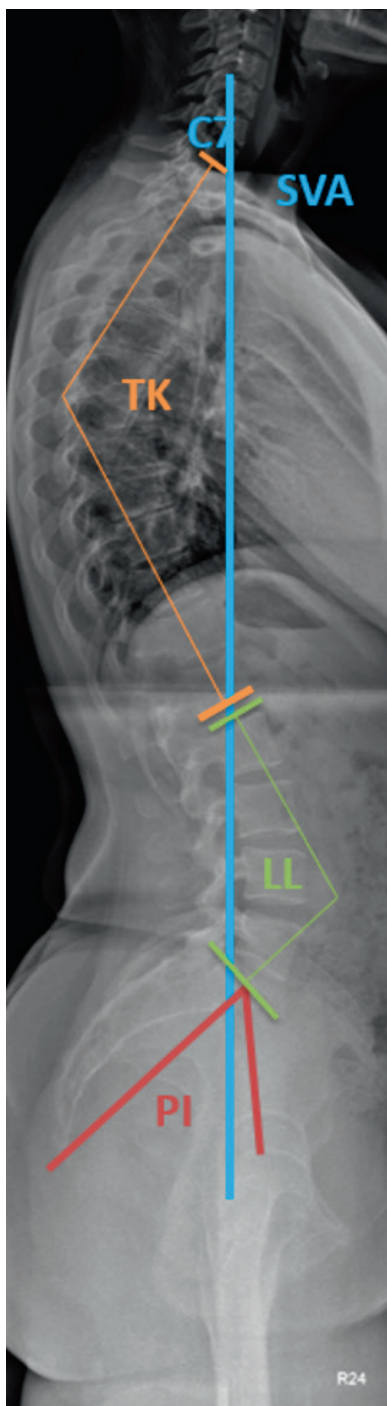
Joonis 1. Vaagna parameetrid: ristluu kallak (SS), vaagna kalle (PT), vaagna vahekord (PI) (1). Vaagna vahekord on anatoomiliselt määratletud ja vaagna asendit kirjeldav parameeter, mille suurusest sõltuvad ristluu kallak ja vaagna kalle.

VAAGNA PARAMEETRID

Lülisamba joondumus sõltub vaagna asendist, täpsemalt vaagna ruumilisest orienteeritusest (1, 2). Vaagna orienteerituse määrab vaagna vahekord (ingl *pelvic incidence*, PI) (vt joonis 1). See on nurk, mis asub S1 ülemise lõpp-plaadi keskpunktiga risti oleva joone ning reieluu peade keskpunkti ja S1 ülemise lõpp-plaadi keskpunkti ühendavate joonte vahel. Vaagna vahekord on anatoomiliselt määratletud parameeter, mis kujuneb ristluu esimese kuni kolmanda lüli (S1–S3) ja niudeluu anatoomilisest ehitusest ehk ristluu-niudeluu liigese ruumilisest orienteeritusest. Seetõttu on vaadeldav parameeter igal inimesel individuaalse suurusega (1). Lapseeas on vaagna vahekord suhteliselt konstantne, aga noorukieas selle väärtus suureneb märgatavalt ning täiskasvanueaks saavutab oma maksimaalväärtuse (3).

Vaagna asendi kirjeldamiseks kasutavad parameetrid sõltuvad vaagna vahekorrast (1). Vaagna asendit iseloomustab vaagna kalle (ingl *pelvic tilt*, PT) (vt joonis 1). See on nurk, mis moodustub S1 ülemise lõpp-plaadi keskpunktist reieluu peade keskpunkti tõmmatud joone ja reieluu peade keskpunkti läbiva, piki reieluu telge kulgeva vertikaalse joone vahele. Ristluu paigutust iseloomustav parameeter on ristluu kallak (ingl *sacral slope*, SS) (vt joonis 1). See on S1 ülemise lõpp-plaadiga paralleelse joone ja S1 ülemise lõpp-plaadi eesmi-

sest nurgast lähtuva horisontaalse joone vahele jääv nurk (1). Vaagna kalde ja ristluu kallaku summa on individuaalne konstantne väärtus, mis on võrdne inimese vaagna vahekorra suurusega ($PT + SS = PI$) (4).



Joonis 2. Lülisamba-vaagna parameetrid ja vertikaalne lülisamba telg: sagitaalne vertikaalne telg (SVA), rinnaküfoos (TK), nimmelordoos (LL), vaagna vahekord (PI) (4, 8, 9).

LÜLISAMBA PARAMEETRID

Vaagna vahekord on lülisamba sagitaalse joondumuse ja tasakaalu määraja, kuna vaagna vahekorrast sõltuvad lülisamba parameetrid: **rinnaküfoos** (ingl *thoracic kyphosis*, TK) (T1 ülemisest lõpp-plaadist kuni rinnaküfoosi ja nimmelordoosi vahelise käänupunktini) ning **nimmelordoos** (ingl *lumbar lordosis*, LL) (rinnaküfoosi ja nimmelordoosi vahelisest käänupunktist kuni S1 ülemise lõpp-plaadini) (vt joonis 2) (2).

Nimmelordoos on individuaalse suurusega parameeter, mille suuruse määrab vaagna vahekorra väärtus (5). Nimmelordoos koosneb alumisest lordoosikaarest, mis on lumbosakraalse ühenduse ja nimmelordoosi tipu vahel, ning ülemisest lordoosikaarest, mis jääb nimmelordoosi tipust rinnaküfoosi-nimmelordoosi vahelise käänupunktini (2). Erinevate patoloogiliste seisundite, näiteks degeneratiivsete protsesside ja lülivaheketaste kulumise tõttu võib nimmelordoos patsiendil väheneda.

Selgrootülide omavahelist suhestumist iseloomustab **segmentaarne lordoos** (ingl *segmental lordosis*, SL), mis on kahe järjestikku paikneva lüli vaheline nõgusus. Seda mõõdetakse ülemise lüli ülemisest lõpp-plaadist kuni alumise lüli alumise lõpp-plaadini (6).

LÜLISAMBA SAGITAALNE JOONDUMUS

Lülisamba sagitaalset joondumust ehk tasakaaluseisundit iseloomustab külgsuunas röntgeniülesvõttel **sagitaalne verti-**

kaalne telg (ingl *sagittal vertical axis*, SVA), mis lähtub C7-lüliskeha keskpunktist (vt joonis 2). Sagitaalse vertikaalse telje nihkumist mõõdetakse vahemaana S1 ülemise lõpp-plaadi tagumisest nurgast kuni sagitaalse vertikaalse teljeni (7). Tasakaalustatud lülisamba korral kulgeb sagitaalne vertikaalne telg reieluuepeade tagant või nende kohalt (8), läbides seejuures S1 ülemist lõpp-plaati (9). Kui aga lülisammas on tasakaalu kaotanud, siis sagitaalne vertikaalne telg nihkub reieluuepeade keskpunktist ettepoole (8). Seoses vanuse suurenemisega nihkub sagitaalne vertikaalne telg ettepoole: kuni 40 mm suurust nihet peetakse vanemaerialistel veel normaalväärtuseks (10), aga tasakaalustatud lülisamba korral see siiski reieluuepeadest eestpoolt ei kulge (8).

Vaagna vahekorra suurus määrab nimmelordoosi suuruse. Lähtuvalt nimmelordoosi suurusest kujuneb rinnaküfoos. Lülisamba üldist joondumust kirjeldab C7-st lähtuv sagitaalne vertikaalne telg (vt joonis 2).

LÜLISAMBA-VAAGNA PARAMEETRITE SEOS

Kuna vaagna vahekord mõjutab nimmelordoosi kujunemist, vastab normaalse joondumusega tasakaalustatud lülisamba korral nimmelordoos vaagna vahekorrale (2, 5).

Lülisamba-vaagna parameetrite omavahelisest suhtest tuleneb, et kui vaagna vahekord on väike (vähem kui 45 kraadi), siis ristluu kallak on väike ja seega ristluu asend on püstisem ehk vertikaalsem (1, 8). Sellest tulenevalt on lordoosi alumine kaar väiksemapoolne ja lordoosi keskpunkt asetseb tagapool. Sellisel juhul esineb väike ja vähestest lülidest moodustuv nimmelordoos ning rinnaküfoosi pikkus ehk rinnaküfoosi moodustavate segmentide arv on suurenenud (2). Uuringutest on välja tulnud, et väikse vaagna-vahekorra puhul peaks nimmelordoosi suurus olema ligikaudu 10 kraadi võrra suurem vaagna vahekorra (LL = PI + 10°), et lülisammas oleks tasakaalus (5).

Kui vaagna vahekord on suur (üle 60 kraadi), siis ristluu kallak on suurem ja ristluu ise on horisontaalsema paigutusega (1, 8). Seetõttu on lordoosi alumine kaar suuremapoolne ning nimmelordoos on pikem, haarates endasse rohkem lülisid (2). Uuringutes on ilmnunud, et suurema vaagna-vahekorra juures peaks olema nimmelordoos

doosi suurus ligikaudu 10 kraadi võrra väiksem vaagna vahekorraast ($LL = PI - 10^\circ$), et lülisammas püsiks tasakaalus (5).

Nimmelordoos on otseses sõltuvuses vaagna vahekorraast. Nimmelordoosi alumine kaar, mis moodustab keskmiselt 2/3 kogu nimmelordoosist, määrab nimmelordoosi suuruse ja seeläbi üldise lülisamba asendi. Seetõttu on oluline alumiste nimmelülide fikseerimisel arvestada vaagna vahekorraga ja arvutada välja individuaalne nimmelordoos. Patsiendile mitteomase nimmelordoosi fikseerimise tulemusena häirub segmentaarne lordoos ja lülisamba tasakaalustamiseks käivituvad kompensatoorsed mehhanismid (2). Kui lülisamba ja vaagna parameetrid on omavahel tasakaalus, siis nimmelordoos vastab vaagna vahekorrale ($LL = PI \pm 10^\circ$) (5).

LÜLISAMBA-VAAGNA KOMPENSATOORSED MEHHAANISMID

Kui esineb kõrvalekaldeid lülisamba parameetrites, siis keha üldise tasakaalu säilitamiseks ja asendi hoidmiseks rakenduvad kompensatoorsed mehhanismid. Kui patoloogilise seisundi mõjul nimmelordoosi segmentaarne nõgusus väheneb, siis esmaseks rakenduvaks kompensatoorseks mehhanismiks on nimmelordoosi segmentaarse nõgususe suurenemine teiste nimmelülide arvelt (8). Sellega võib kaasna nimmelordoosi haaratud lüliskehade arvu suurenemine ehk nimmelordoosi pikenemine. Lisaks võib tekkida rinnaküfoosi lamenumine ehk hüpoküfoos sagitaalse vertikaalse telje tasakaalus hoidmiseks (10). Nende muutuste eesmärk on hoida kehatüve gravitatsioonitsentrit ja sagitaalset vertikaalset telge reieluude kohal või neist tagapool, et säiliks keha üldine tasakaal (8, 9).

Nimmelordoosi lamenumise tõttu pöördub vaagen retroversiooni (5), ristluu omandab vertikaalse asetsuse ja suureneb vaagna kalle. Seejuures vaagna vahekorra suurus ei muutu (3).

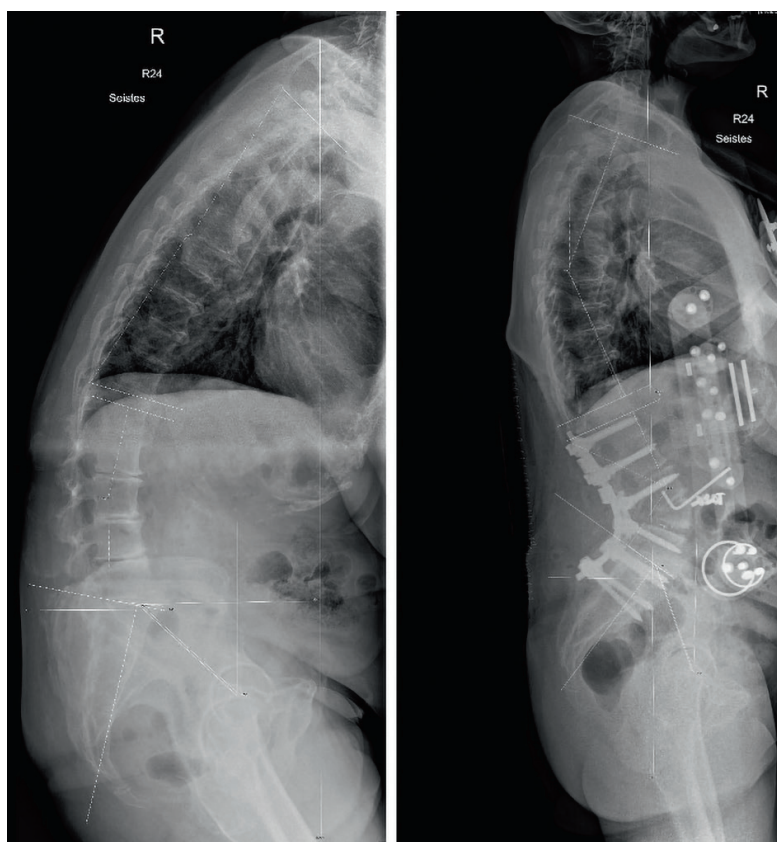
Kui tasakaalustavate mehhanismide piirväärtused on saavutatud ning lülisamba ja vaagna kompensatoorsed mehhanismid ammendunud, nihkub sagitaalne vertikaalne telg reieluude keskpunkti ettepoole. Kehaasendi korrigeerimiseks rakenduvad järgmised kompensatoorsed mehhanismid: painutus puusa- ja põveliigestest. Kehatüve gravitatsioonitsentri säilitamiseks suureneb

aga rinnaküfoos, mistõttu rindkere ja pea nihkuvad ettepoole (vt joonis 3) (11).

Kompensatoorsete mehhanismide eesmärk on hoida kehaasendit tasakaalus. Ka S1 kohale joondunud lülisamba korral võivad nimmelordoos ja rinnaküfoos olla osa kompensatoorsetest mehhanismidest. Kirurgilise ravi planeerimisel on oluline eristada lülisamba joondumuse normi variante kompensatoorsetest mehhanismidest (11).

KOKKUVÕTE

Vaagna vahekord on vaagna asendit iseloomustav individuaalse suurusega näitaja, mis määrab ristluu asendi kaudu nimmelordoosi suuruse ning lülisamba joondumuse. Vaagna asendi täiendavaks kirjeldamiseks kasutatakse vaagna kallet. Ristluu asendi, eeskätt S1 ülemise lõpp-plaadi kaldenurga iseloo-



Joonis 3. Nimmelordoos on lamenenud, vaagen pöördunud retroversiooni, ristluu omandanud vertikaalse asetsuse ja rinnaküfoos lamenenud. Sagitaalne vertikaalne telg ulatub reieluudest ettepoole ehk lülisammas on kaotanud oma tasakaaluasendi (vasempoolne pilt). Parempoolsele pildil on nimmelordoos ning vaagna ja ristluu asend kirurgiliselt taastatud. Selle tulemusel on rinnaküfoos taastunud ja sagitaalne vertikaalne telg on joondunud S1 kohale reieluudest tahapoole.

mustamiseks kasutatakse ristluu kallakut. Vaagna kalle ja ristluu kallak moodustavad konstantse suuruse, mis on võrdne vaagna vahekorraga: $PT + SS = PI$.

Lüüsisamba ja vaagna parameetrite kirjelduse alusel hinnatakse lüüsisamba individuaalset joondumust ehk lüüsisamba asendit külgvaates. Rinnaküfoos ja nimmelordoos sõltuvad vaagna parameetritest. Nimmelordoosi väärtus on ligilähedane vaagna vahekorrale: $(LL = PI \pm 10^\circ)$. Lüüsisamba joondumust iseloomustab sagitaalne vertikaalne telg, mis tasakaalus lüüsisamba korral läbib S1 lõpp-plaati.

Vaagna ja lüüsisamba parameetrite omavahelise suhte häirimise korral rakenduvad kompensatoorsed mehhanismid, mille eesmärk on säilitada lüüsisamba tasakaaluseisund. Kompensatoorsete mehhanismide ammendumisel häirub lüüsisamba tasakaal ja sagitaalne vertikaalne telg nihkub reieluupedest ettepoole.

Lüüsisamba kirurgilise ravi planeerimisel on soovitatav arvesse võtta lüüsisamba ja vaagna parameetreid.

The sum of pelvic tilt and sacral slope form a constant which is always equal to pelvic incidence, $PT + SS = PI$.

Spinal and pelvic parameters as described in the article are used to assess individual spinal alignment or lateral spinal position. Thoracic kyphosis and lumbar lordosis depend on pelvic parameters. Measurement of lumbar lordosis is approximate to pelvic incidence, $LL = PI \pm 10^\circ$. The sagittal vertical axis is used to describe spinal alignment. When the sagittal vertical axis passes through the S1 upper end-plate, then the spine is balanced.

Mismatch between the lumbo-pelvic parameters causes activation of compensatory mechanisms which aim to maintain a balanced posture of the spine. In case compensatory mechanisms are exhausted, the spinal balance is disturbed and the sagittal vertical axis shifts past the femoral heads.

In planning spinal surgical treatment, it is recommended to take the spino-pelvic parameters into consideration.

TÄNUAVALDUS

Täname artikli kirjutamisel abistanud Greete Pedaid ja Hans Arrot.

VÕIMALIKU HUVIKONFLIKTI DEKLARATSIOON

Autoritel puudub huvikonflikt seoses käsitletud teemaga.

SUMMARY

Spinal and pelvic parameters

Triin Valdmaa¹
Supervisor: Taavi Toomela²

Pelvic incidence is a parameter of individual measurement which determines pelvic and sacral position and thereby lumbar lordosis and spinal alignment. For additional description of pelvic position, a parameter called pelvic tilt is used. Sacral position, particularly the inclination angle of the S1 upper end-plate, is described by the sacral slope.

KIRJANDUS / REFERENCES

1. Legaye L, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 1998;7:99–107.
2. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine* 2005;30:346–53.
3. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance. *Spine* 2004;18:2049–54.
4. Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, Nicolas P. Pelvic parameters: origin and significance. *Eur Spine J* 2011;20:564–71.
5. Diebo BG, Henry J, Lafage V, Berjano P. Sagittal deformities of the spine: factors influencing the outcomes and complication. *Eur Spine J* 2014;24:3–15.
6. Lord MJ, Small JM, Dinsay JM, Watkins RG. Lumbar Lordosis: Effects of Sitting and Standing. *Spine* 1997;22:2571–4.
7. Lafage V, Schwab F, Skalli W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity. analysis of spinopelvic and gravity line parameters. *Spine* 2008;33:1572–8.
8. Labelle H, Mac-Thiong J-M, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J* 2011;20:641–6.
9. Le Huec JC, Saddiki R, Franke J, Rigal J, Aunoble S. Equilibrium of the human body and the gravity line: the basics. *Eur Spine J* 2011;20:558–63.
10. Gille O, Bouloussa H, Mazas S, et al. A new classification system for degenerative spondylolisthesis of the lumbar spine. *Eur Spine J* 2017;26:3096–105.
11. Yagi M, Kaneko S, Yato Y, Asazuma T. Standing balance and compensatory mechanisms in patients with adult spinal deformity. *Spine* 2017;42:584–91.

¹ student, Faculty of Medicine, University of Tartu, Estonia,
² Surgery Clinic, East Tallinn Central Hospital, Tallinn, Estonia

Correspondence to:
Triin Valdmaa
valdmaatriin@gmail.com

Keywords:
sagittal vertical axis, pelvic incidence, pelvic tilt, lumbar lordosis, thoracic kyphosis