

**A spino-pelvicus egység sagittalis megjelenésének 3D
alapú vizsgálata serdülőkori, ismeretlen eredetű
gerincferdülés esetén**

Doktori (PhD) értekezés

Dr. Burkus Máté

Dr. Tunyogi-Csapó Miklós

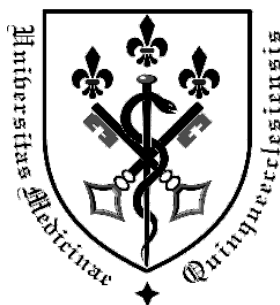
Témavezető

Prof. Dr. Than Péter

Mozgásszervi Klinikai Tudományok Programvezető

Prof. Dr. Bogár Lajos

Klinikai Orvostudományok Doktori Iskolavezető



Pécsi Tudományegyetem
Általános Orvostudományi Kar
Ortopédiai Klinika

2018

Tartalomjegyzék

1	Rövidítések jegyzéke.....	5
2	Bevezetés	7
2.1	A gerinc anatómiai áttekintése.....	7
2.1.1	A gerinc felépítése	7
2.1.2	A gerinc mozgatása.....	7
2.1.3	Az „egészséges” gerinc megjelenése és funkciója	8
2.2	A sagittalis spino-pelvicus profil	8
2.2.1	A medence sagittalis megjelenése	8
2.2.2	A deformitásoktól mentes gerinc sagittalis megjelenése	10
2.2.3	A medence és a gerinc kapcsolata a sagittalis síkban.....	11
2.2.4	A gerinc sagittalis megjelenésének biomechanikai alapjai.....	12
2.3	A sagittalis spino-pelvicus profil megváltozásának lehetőségei	12
2.3.1	A medence megjelenésének változása a növekedés során	13
2.3.2	A gerincoszlop megjelenésének fejlődése.....	13
2.3.3	A sagittalis profil növekedés lezárultát követő változásainak okai.....	14
2.3.4	Eltérő etnikumú populációk sagittalis spino-pelvicus profilja	15
2.4	A scoliosis	16
2.4.1	A scoliosis definíciója.....	16
2.4.2	A scoliosis típusai és felosztása.....	16
2.4.3	A scoliosis életkor alapú csoportosítása	17
2.4.4	A scoliosis „súlyosságának” meghatározása	18
2.4.5	A gerincferdülés előfordulásának gyakorisága	19
2.5	A gerincferdülés melletti sagittalis spino-pelvicus profil	19
2.6	Célkitűzések.....	20
3	A vizsgált populáció és az alkalmazott módszerek.....	21
3.1	A medence és a gerinc radiológiai vizsgálati lehetőségei	21
3.2	Az EOS 2D/3D diagnosztikai eszköz	22
3.2.1	A készülék alapelve.....	22
3.2.2	A készülék működése, a vizsgálat menete.....	22
3.2.3	Az EOS készülék megbízhatósága	23
3.2.4	Az EOS sugárterhelése	24
3.2.5	A 3D modell és annak elkészítése.....	24

3.2.6	EOS vizsgálat indikációi.....	27
3.2.7	Az EOS készülék klinikai előnyei	28
3.3	A vizsgálatok során feldolgozott beteganyag.....	29
3.3.1	A spino-pelvicus egység sagittalis profiljának értékelése során feldolgozott esetek	30
3.3.2	A spino-pelvicus profil vizsgálatába bevont esetek képképzésének indikációja	30
3.3.3	A medenceparaméter pozíciófüggő vizsgálata során feldolgozott esetek	31
3.3.4	A medence pozíciófüggő vizsgálatába bevont esetek vizsgálati indikációja.....	32
3.3.5	A vizsgálatok etikai háttere.....	32
3.4	A vizsgált paraméterek.....	32
3.5	A gerincferdüléssel rendelkező esetek klasszifikációja.....	33
3.5.1	A Lenke klasszifikáció alkalmazása	34
3.6	A felsőtesti pozíció és a medenceparaméterek változásának kapcsolata	37
3.7	A mérések megbízhatóságának vizsgálata	38
3.8	Az alkalmazott statisztikai módszerek	38
4	Eredmények.....	39
4.1	Az EOS készülék megbízhatósága	39
4.2	Paraméterek eloszlása	39
4.3	A sagittalis spino-pelvicus profil	39
4.3.1	A gerinc sagittalis paraméterei	39
4.3.2	A medence sagittalis paraméterei	40
4.4	A Lenke klasszifikáció szerinti eredmények	41
4.4.1	A gerincferdülés görbületeinek mértéke	41
4.4.2	A sagittalis gerincparaméterek.....	42
4.4.3	A sagittalis medenceparaméterek	44
4.5	A sagittalis spino-pelvicus paraméterek kapcsolata.....	45
4.6	A sagittalis spino-pelvicus paraméterek etnikai különbségei	46
4.6.1	Etnikai különbségek gerinc betegségtől mentes (asymptomaticus) esetekben	46
4.6.2	Etnikai különbségek AIS jelenléte mellett.....	47
4.7	A medenceparaméterek pozíciófüggő eredményei.....	48
4.7.1	A medenceparaméterek individuális pozíciófüggő különbségei	48
4.7.2	Az incidenca változás és a felsőtest helyzetének kapcsolata.....	49
5	MEGBESZÉLÉS	52
5.1	A gerinc sagittalis paramétereinek vizsgálata	52
5.2	A medence- és a gerincparaméterek kapcsolata.....	52

5.3	A spino-pelvicus egység etnikai különbségei	53
5.4	A medenceparaméterek változásával kapcsolatos vizsgálatok.....	55
5.4.1	A medenceparaméterek megváltozásának ismert okai.....	55
5.4.2	A gerincferdülés mellett tapasztalt medenceparaméterek.....	55
5.5	A medence incidencia és a testhelyzet kapcsolata	56
5.5.1	A medence incidencia megváltozásának lehetőségei.....	56
5.5.2	Az incidencia és a medence pozíció kapcsolatának jelentősége	57
5.5.3	Az incidencia és a medence pozícióváltozásának lehetősége	58
5.5.4	A keresztcsonti mobilitás és a gerincferdülés kapcsolata.....	58
5.5.5	A keresztcsonti ízület mobilitásának lehetséges okai	58
5.6	A sagittalis spino-pelvicus profil ismeretének jelentősége	59
5.7	Vizsgálataink korlátai	60
5.8	További, a tudományos munka témájához kapcsolódó vizsgálati lehetőségek.....	61
6	Következtetések	62
7	A tudományos értekezés új eredményei és megállapításai.....	64
8	Irodalomjegyzék	66
9	Publikációs jegyzék	74
9.1	Az értekezés alapjául szolgáló közlemények jegyzéke	74
9.2	Egyéb közlemények jegyzéke	75
9.3	Az értekezés témájához kapcsolható tudományos előadások jegyzéke	76
10	Köszönetnyilvánítás	79

1 Rövidítések jegyzéke

2D – kétdimenziós;

3D – háromdimenziós;

AIS – adolescent idiopathic scoliosis (serdülőkori, ismeretlen eredetű gerincferdülés);

AP – anteroposterior;

B Coef – beta coefficient;

BMI – body mass index (testtömegindex);

C7 – cervicalis (nyaki) 7-es csigolya;

CT – computed tomography (komputertomográfia);

CSVL – central sacral vertical line;

ICP – infantilis cerebralis paresis;

Kyp – kyphosis;

L – lumbalis (ágyéki);

L mod – lumbal modifier;

L1 – lumbalis (ágyéki) 1-es csigolya;

L2 – lumbalis (ágyéki) 2-es csigolya;

L5 – lumbalis (ágyéki) 5-ös csigolya;

LAT – lateralis;

LL – lumbalis (ágyéki) lordosis;

Lord – lordosis;

MRI – magnetic resonance imaging (mágneses rezonancia képalkotás);

MT – main thoracic curve (háti fő görbület)

PI – pelvic incidence (medence incidencia);

PJK – proximalis junctionalis kyphosis;

PT – pelvic tilt (medence dőlés) = PV – pelvic version;

SD – standard deviation;

S mod – sagittal modifier;

S1 – sacralis (keresztcsonti) 1-es szelvény;

SMA – spinalis muscularis atrophia;
SS – sacral slope (keresztcsonti lejtés);
T1 – thoracalis (háti) 1-es csigolya;
T10 – thoracalis (háti) 10-es csigolya;
T12 – thoracalis (háti) 12-es csigolya;
T5 – thoracalis (háti) 5-ös csigolya;
TK – thoracalis (háti) kyphosis;
TL – thoracolumbalis (háti-ágyéki átmenet);
UH – ultrahang.

2 Bevezetés

2.1 A gerinc anatómiai áttekintése

2.1.1 A gerinc felépítése

A gerinc a csigolyák oszlopszerűen összekapcsolt harmonikus rendszere, mely jellemzően 7 nyaki (cervicalis), 12 háti (thoracalis), valamint 5 ágyéki (lumbalis) szelvényből, továbbá a sacrum és a coccygeum összezsontosodott egységéből tevődik össze. Tetején a fej funkcionálisan, mint egy további „cephalicus” csigolya foglal helyet (1). A gerinc fő funkciója a központi idegrendszer folytatásaként futó gerincvelő védelme, illetve a test terheinek viselése, a törzs megfelelő mozgékonyágának lehetővé tétele. A vállövön keresztül a felső végtagok, míg a medencén keresztül az alsó végtagok kapcsolódnak hozzá, egy egységes rendszert alkotva ezáltal.

A csigolyatestek között kívülről erős rostos gyűrűből álló, belül kocsonyás szerkezetű porckorongok találhatók, melyek szerepe a szomszédos elemek közti rugalmas kapcsolat megteremtése, a terhelés csökkentése, a rázkódás kiegyenlítése. A porckorongok mellett az elemi csigolyák egymáshoz dorsal felől kisízületekkel kapcsolódnak, melyeket kívülről további erős szalagos rendszer foglal körül. A szalagok kiemelt szerepet töltenek be a csontos struktúrák összekapcsolásában, ezáltal a gerinc stabilitásában. Az említett, pusztán passzív elemek mellé, az egységet teljessé téve, aktív résztvevőként vastos izomcsoportok is csatlakoznak a gerincoszlophoz, melyek funkcióját a törzs, illetve a végtagi függesztőövek izmai is kiegészítik.

2.1.2 A gerinc mozgatása

A gerinc aktív mozgásainak létrejöttében elsődlegesen résztvevő izmok a mély hátizmok, de kisebb részben és tágabb értelemben a törzs, illetve a váll- és medenceöv körüli összetett izomcsoportok együttesen alkotnak egy stabil, de egyben kellően mobilis rendszert.

A mozgásokat értékelve a gerinc elemi mozgásszegmentumokból (2 csigolya, illetve az azokat összekapcsoló lágyrészek) áll, melyek egy funkcionális egységet alkotnak. Megjelenésüket és viselkedésüket tekintve a két karú emelőhöz hasonlíthatók, aminek alátámasztási pontja a köztük lévő kisízületekre esik. A gerinc egyes szegmentumainak mobilitását külön vizsgálva, a legnagyobb mértékű elmozdulások a nyaki szakaszon tapasztalhatók. Ezt a rotációt kivéve szintén meglehetősen mobilis ágyéki szakasz követi, míg a háti rész, a hozzákapcsolt bordakosárral már egy viszonylag merev részt alkot.

2.1.3 Az „egészséges” gerinc megjelenése és funkciója

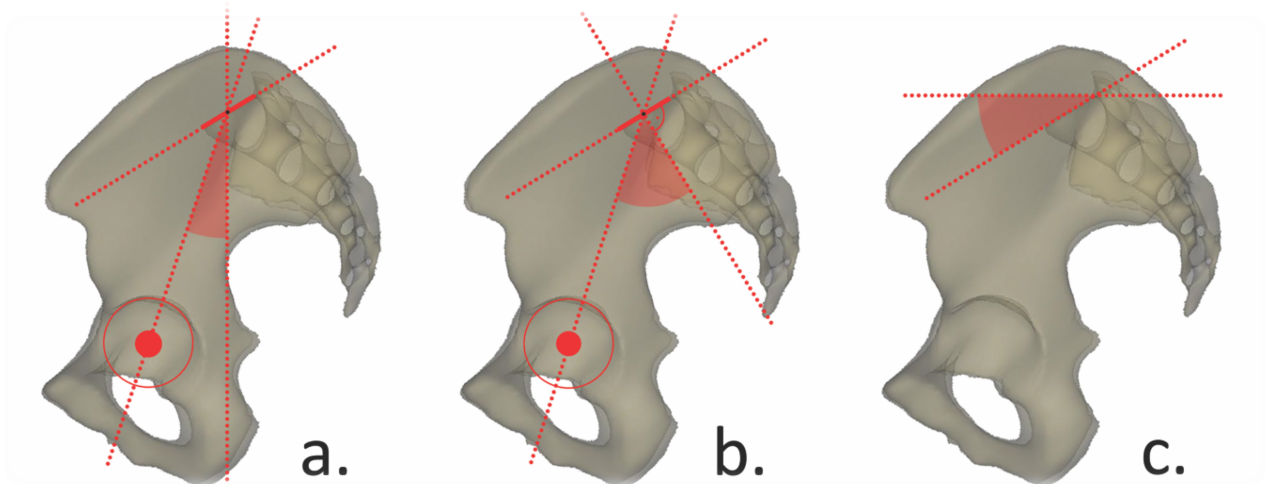
Az úgynevezett „egészséges” vagy „deformitásoktól mentes”, illetve „normális” gerinc a frontális síkban nézve közel egyenes, szabályos lefutást mutat, míg a sagittalis síkban kettős hullám alakot vesz fel. Ez a harmonikus görbületi egység négy részre osztható úgymint: cervicalis lordosis, thoracalis kyphosis, lumbalis lordosis, illetve sacralis kyphosis. A kyphosis és lordosis kifejezések még az időszámítás szerinti 2. századból, Galenustól származnak. A sagittalis síkban harmonikusan „görbült” gerinc ezáltal hozzávetőleg több mint tízszer ellenállóbb a mechanikai hatásokkal szemben, mint ha teljesen egyenes lenne (2).

2.2 A sagittalis spino-pelvicus profil

Az ortopédia, valamint a diagnosztikai lehetőségek és eszközök fejlődésével a gerincelváltozások értékelésében és kezelési stratégiájában is jelentős szemléletváltás következett be. Ennek köszönhetően az elmúlt időszakban fokozódott az igény az összekapcsolt medence és gerinc viszonyának pontos feltérképezésére, annak összetett biomechanikai egységként történő értékelésére.

2.2.1 A medence sagittalis megjelenése

A medence sagittalis síkban való megjelenését, annak pontos térbeli elhelyezkedését, mindmáig Legaye valamint Duval-Beaupère és munkatársai által meghatározott három (medence) paraméterrel lehet a legjobban jellemezni (3, 4) (1. ábra).



1. ábra: A medenceparaméterek.

- a. Medencedőlés; (Pelvic Tilt – PT vagy más néven Pelvic Version – PV): a combfej centrumokat összekötő vonal középpontját a keresztcsont plató középpontjához kötő szakasznak a függőlegessel bezárt szöge;
- b. Medence incidencia; (Pelvic Incidence – PI): a keresztcsont felső zárólemezeének középpontjára állított merőleges, és az ebből a pontból indított, szintén a combfej centrumokat összekötő egyenes középpontjához vezető szakasz által bezárt szögérték;
- c. Keresztcsonti lejtés; (Sacral Slope – SS): a keresztcsonti plató síkjának a vízszintessel bezárt szöge.

Definíciójukból adódóan a keresztcsonti lejtés és a medencedőlés pozíciófüggő paraméterek, míg a medence incidencia egy egyénre jellemző anatómiai állandónak tarott érték (amennyiben feltételezzük, hogy a keresztcsonti ízületben csak mikro mozgások vannak). Legaye és munkatársai szerint a medence sagittalis síkban való orientációját legjobban a medence incidencia értékével lehet jellemezni, így ez a paraméter közvetetten a medence-gerinc egység kulcsfaktorának is tekinthető.

A medenceparaméterek közti logikai kapcsolat egyértelműen meghatározott (3):

$$PI = PV + SS$$

2.2.2 A deformitásoktól mentes gerinc sagittalis megjelenése

A deformitásoktól mentes, „egészséges” vagy „normál” gerinc sagittalis profilja harmonikus, a görbületek regulárisak, az egymásba történő átmenetek lágyak és szabályosak.

A gerinc sagittalis síkú értékelése során elsőként a háti „dorsalra konvex” görbület (thoracalis kyphosis), valamint az ágyéki „előre görbülés”, a lumbalis lordosis vizsgálendő.

A kyphosis és a lordosis értékek a cranialis csigolya felső zárólemeze és a caudalis csigolya alsó zárólemeze által bezárt szögértéket jelentik.

A sagittalis görbületek mértékének (a felső és alsó zárócsigolyáknak) pontos meghatározása az irodalomban nem teljesen egységes, azokra többes jelölés is használatos. Többek között a fent említettek, másrészt a jelentős individuális különbségek miatt, az egyes görbületek értékei ezáltal tág határok között változhatnak, a gerinc normális egyensúlyának megmaradása mellett, mind a lumbalis lordosisnál, mind pedig a thoracalis kyphosis esetén.

A háti görbület tekintetében jellemzően a T12 csigolya alsó zárólemeze adja a caudalis pontot, míg cranialis pontként a thoracalis 1-es, 4-es vagy 5-ös csigolya felső zárólemeze is használatos, így meghatározásra kerülhet T1–T12, T4–T12, vagy T5–T12 kyphosis is. Az irodalomban a pontos görbületi megjelölés nélkül általánosságban használt thoracalis kyphosis (TK) kifejezés jellemzően a T4–T12 kyphosisra vonatkozik, mely a leggyakrabban használt kyphoticus görbület, értékei relatív széles skálán mozoghatnak. Az irodalmat áttekintve a szerzők többsége szerint a normál tartománya 20–40 fok közé tehető (5, 6), míg más szerzők, mint Stagnara és munkatársa a normál értékét a 30–50 fok között adják meg (7). Bernhardt és munkatársai a tágabb 20–50 fok-ot említik, továbbá vizsgálataik eredményei szerint a kyphosis értékei az életkorral némiképp fokozódó tendenciát is mutatnak (8).

A háti kyphosishoz hasonlóan az ágyéki gerincszakasz értékelése során is többes meghatározás használatos. A sagittalis görbületek cranialis pontjaként a lumbalis első (L1) csigolya felső zárólemeze standard, míg caudalisan az L5-ös csigolya alsó-, vagy az S1-es csigolya felső zárólemeze egyaránt használatos, így lehetőség van L1–L5 vagy L1–S1 lordosis meghatározására is.

A fent említett görbületeken túl, bizonyos esetekben egyéb, „szűkebb” gerincszakaszra vonatkozó sagittalis görbületek is meghatározásra kerülhetnek, a nyíl irányú megjelenés összetett értékelése miatt. A proximalis thoracalis szakaszra vonatkozóan gyakran kerül mérésre a T2–T5 kyphosis, továbbá funkcionális szempontból kiemelt jelentősége van a

thoracolumbalis átmenetre vonatkozó T10–L2 csigolyák közötti görbületnek is. Ez utóbbi gerincszakasz során vált át a háti kyphosis a lumbalis lordosisba, így a gerincoszlop ezen része általában egyenes jelleget, maximum 1-2 fok kyphosist mutat, az ennél magasabb mért értékek már mindenképp kórosnak tekinthetők (8).

2.2.3 A medence és a gerinc kapcsolata a sagittalis síkban

Köszönhetően az elmúlt időszakban a gerinc, majd a medence sagittalis megjelenése és kapcsolata iránt mutatott fokozott érdeklődésnek az irodalomban számos közlemény jelent meg, melyek összetetten foglalkoztak a spino-pelvicus egység sagittalis irányú megjelenésével, kapcsolatával, illetve a medencének ebben betöltött szerepével. Jól meghatározott ezáltal, hogy a gerinc, valamint a medence, a tér mindhárom síkjában egymással szoros kapcsolatban álló egységet alkot, mely rendszer alján a medence, mintegy alapkő foglal helyet az egység elemei pedig egymással dinamikus kapcsolatban állnak. A rendszerben bekövetkező legkisebb változás is, érintse az annak bármely elemét, ezáltal következményes kihatással van az egység többi elemére is (3, 4, 9-14).

A medence megjelenése, illetve térbeli helyzete, az abban történő változások a hozzá legközelebb álló gerincszakaszra – tehát az ágyéki lordosis mértékére – vannak először és leginkább hatással (11, 15, 16). Továbbá bizonyos szerzők kisebb mértékű, de egyértelműen szignifikáns kapcsolatot véltek felfedezni egészen a koponyáig, illetve caudal irányba tovább haladva a teljes alsó végtagokon, tehát a gerinc alakja egészében alkalmazkodik a medence megjelenéséhez (3, 17).

A spino-pelvicus rendszer alapkövét, a medencét vizsgálva az incidencia (PI) értéke az, ami leginkább meghatározza annak megjelenését, illetve „szerkezeti” változásait, kompenzációs lehetőségeit, ezáltal a sagittalis medence-gerinc egység legfontosabb paraméterének tekinthető. A medence incidencia értékének növekedésével a keresztcsont helyzete az acetabulumokhoz viszonyítva megváltozik. A sacrum platója ventral és caudal felé billen, ezáltal a teste horizontálisabb helyzetűvé válik. Az így kialakult állapotot ellensúlyozva pedig kifejezettebb gerincgörbületek jelennek meg, elsőként az ágyéki szakaszon, ezáltal a magasabb PI értékhez fokozottabb gerinc görbületek társulnak, melyek egyben nagyobb kompenzációs lehetőségek biztosítását is jelentik a szervezet globális egyensúlyának megtartása során (9). Kisebb PI érték esetén a keresztcsont testének helyzete függőlegesebbé válik, zárólemeze vízszintesebb állású lesz, ennek következtében kisebb görbületek, relatív

egyenesebb gerinc jön létre. Ez az állapot kisebb kompenzációs lehetőséget biztosít a gerinc számára a megfelelő sagittalis egyensúly helyreállítása során (3, 9).

A fent említettek alapján érthetővé válik Clément és munkatársai megállapítása, miszerint maga a lumbalis lordosis is szétbontható a medence és a thoracalis gerinc szakasz függvényében. A görbület cranialis rész a háti kyphosis mértékétől függ, míg a caudalis fél sokkal inkább a medence helyzetével, tehát magával a medence incidenciával hozható kapcsolatba (18).

2.2.4 A gerinc sagittalis megjelenésének biomechanikai alapjai

A kyphoticus és lordoticus görbületek harmonikus rendszere mellett a test súlyvonala a dens axistól indulóan a nyaki szakaszon a csigolyatestek síkjában halad, majd a háti kyphosis területén a gerinc elé kerülve azt a thoracolumbalis átmenetnél érinti újra. Caudalra tovább haladva a lumbalis lordosis területén a gerinc mögé kerül, végül a sacrum plató elülső felét érintve a csípőízületek középpontjához közel halad tovább a boka irányába (19). Az egyensúlyban lévő görbületek mellett a törzs egy szűk kúppalást felületen minimális izommunkával egyensúlyi helyzetben tartható, mely körül egy tágabb kúppalást is felrajzolható, ez egy olyan zóna, melybe a törzs még a lábak elmozdulása nélkül – maximális izommunkával – tud egyensúlyt fenntartani (1, 19).

2.3 A sagittalis spino-pelvicus profil megváltozásának lehetőségei

Összetett vizsgálatok bizonyították, hogy az emberi medence-gerinc egység sagittalis megjelenése nem egy folyamatosan fennálló állandó, konstans egység. Kiemelt a jelentősége annak, hogy az egyedfejlődés során minden sagittalis síkú paraméter (is) fokozatos változást mutat, ezáltal szignifikánsan eltér a gyermek és a felnőtt populációk összehasonlításakor. Bizonyított másrészt az, hogy egyes gerincet és medencét érintő elváltozások mellett észlelt, illetve eltérő népcsoportok vizsgálata esetén tapasztalt spino-pelvicus profil is eltérő képet mutathat.

2.3.1 A medence megjelenésének változása a növekedés során

A medence megjelenésének a növekedés során való változása (a sagittalis síkban) legjobban a medence incidencia értékének meghatározásával követhető. Mangione és munkatársai által magzatokon, gyermekeken illetve felnőtteken végzett összehasonlító vizsgálatok során úgy tapasztalták, hogy az incidencia értéke az élet első hónapjaiban jelentős emelkedést mutat, ami a járás megkezdése után egyenletesen folytatódik tovább, majd ezt követően a tizedik életév környékén stabilizálódni látszik (20). Más szerzők, mint Mac-Thiong és munkatársai viszont lineáris növekedést figyeltek meg, ami egészen 18 éves korig tart (16, 21).

A növekedés során tapasztalt változások hátterének magyarázatául szolgálhat a két lábon történő járáshoz való adaptáció, valamint a testarányok és testtömeg változása. Ennek folyamata során a gerinc melletti izmok, melyek a keresztcsonton egy vastag inas lemezzel tapadnak, a sacrum testére húzó hatást gyakorolnak, azt horizontális helyzetűvé kényszerítik, így a záró lemez előre, függőlegesebb helyzetbe billen. Ezzel együtt a farizmok a csípőízület felől forgatóan hatnak a medencére amivel tovább fokozzák a keresztcsont billenését (20). Továbbá egyes publikációk szerint a medence megjelenése és a testmagasság, testsúly (BMI), vagy épp a csontkor között is bizonyos fokú összefüggés fedezhető fel (16, 21).

A fentiekkel ellentétben viszont Weinberg és munkatársai 880 cadaver medence vizsgálata alapján nem talált szignifikáns életkorral összefüggő változást az incidencia értékeinek tekintetében (22).

2.3.2 A gerincoszlop megjelenésének fejlődése

A növekedés során a medencével párhuzamosan a gerinc megjelenése is változást mutat. A felnőttkorban megfigyelhető harmonikus sagittalis profil folyamatosan alakul ki, mellyel kapcsolatban többes elméletek vannak. Az evolúció során a gerincre először csak egy irányú kyphoticus görbület a jellemző. Az egyedfejlődés során az ember is mintegy végighalad a nagy evolúciós állomásokon, így az embrionális korban észlelt teljes kyphoticus állapot a fejlődés későbbi szakaszaiban fokozatosan alakul át és jelennek meg a lordotikus görbületek. A gerinc relatív merev szakaszain, mint a sacrum és a thoracalis rész továbbiakban is megmarad az embrionális kyphoticus jelleg, míg a mobilis szakaszokban, mint a cervicalis vagy a lumbalis régió lordosis jön létre. A csecsemő növekedése során a hátizom erősödésével

elsőként a nyaki gerinc előre görbülete, a cervicalis lordosis jelenik meg a fej szabad mozgatása, emelése és a tekintés miatt. Később a felegyenesedéssel és a járás megkezdésével alakul ki a lumablis lordosis, végül a gyermek 6-7 éves korára jelennek meg az egyénre jellemző sagittalis görbületi jellegek (19). Louis és munkatársai szerint az így létrejött harmonikusan görbült gerinc hozzávetőleg 17-szer ellenállóbb a mechanikai behatásokkal szemben mintha teljesen egyenes lenne (2).

2.3.3 A sagittalis profil növekedés lezárultát követő változásainak okai

Gerincbetegségek nélküli „normál” vagy „kontroll” populációval való összehasonlítás során a sagittalis spino-pelvicus megjelenés jól dokumentáltan különbözik bizonyos medencegerinc egységet érintő elváltozások, deformitások esetén is. Az irodalomban publikált vizsgálatok szerint spondylolisthesisel rendelkező betegcsoportnál a medence incidencia értékek, továbbá a következményes lumbalis lordosis is egyértelműen emelkedettebbnek mutatkoztak. A tapasztaltak háttéréül az szolgálhat, hogy spondylolisthesis esetén a keresztcsont teste a normálisnál jobban „előre” billent helyzetű, ezáltal a zárólemez függőlegesebb pozíciójú, ami megváltozott ágyéki terhelést eredményezhet. Ez az egyensúlyváltozás pedig összefüggésbe hozható a csigolya további előre csúszásával is (9, 23-25). Azzal kapcsolatban, hogy maga a spondylolisthesis okozza a medence helyzetének változását (incidencia növekedését) avagy fordítva, az előbb megváltozó keresztcsonti helyzet a csigolya megcsúszást, egyértelmű bizonyíték nem áll rendelkezésre. Bár egyes szerzők valószínűsítik, hogy a megnövekedett medence incidencia önmagában is szerepet játszik a listhesis kialakulásában (23).

Gyakori gerincpanaszos entitás, az ágyéki porckorong rendellenességgel, illetve porckorong sérvvel rendelkező betegcsoport, mely vizsgálata során a megfigyelések a medence incidencia értékét a normál csoportnál tapasztaltakhoz nagyon közelinek, illetve némiképp csökkentebbnek tapasztalták. Ez a csökkenés pedig kisebb ágyéki görbületet, egyenesebb gerincet eredményez, ami a porckorongok fokozott terheltségét jelentheti (9, 13, 25).

Gerincferdüléssel rendelkező esetek vizsgálata mellett az irodalomban tapasztalt eredmények megoszlanak. Egyes szerzők mint Mac-Thiong és munkatársai, valamint Upasani és munkatársai szignifikánsan magasabb medence incidencia értéket tapasztaltak scoliosis mellett. Ők az észlelt különbségek háttérében egy kompenzációs mechanizmus meglétét

valószínűsítették, mely során a szervezet növelni próbálja az ágyéki görbületet, hogy így stabilizálja a test egyensúlyát, különösen háti görbület esetén (26, 27). Ezzel ellentétben más szerzők vizsgálatai nem tapasztaltak statisztikailag szignifikáns különbséget, a medenceparaméterek tekintetében a gerincferdüléssel rendelkező és a „kontroll” csoport között (3, 28).

2.3.4 Eltérő etnikumú populációk sagittalis spino-pelvicus profilja

Az irodalomban megjelent, a medence és a gerinc sagittalis síkban való megjelenését értékelő vizsgálatok eredményeit összegezve azokban relatív nagy szórás tapasztalható (29). Ez köszönhető egyrészt a meglehetősen nagy inter- individuális különbségeknek, másrészt annak, hogy az egyes vizsgálatok külön-külön történt összehasonlítása során az eltérő etnikumba tartozó csoportok eredményei között szabályos tendenciát mutató eltérések mutatkoznak. A megfigyelés egyaránt igaz a gerincdeformitás nélküli („normál” vagy „kontroll”), valamint a gerincérintettséggel (például serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdüléssel) rendelkező, különböző rasszba tartozó esetek értékeire is.

Gerincdeformitás nélküli kaukázusi rasszba tartozók vizsgálata mellett Mac-Thiong-, Roussouly- valamint Labelle és munkatársai (13, 21, 23, 30, 31) által tapasztalt medenceparaméter eredmények közel azonosak Bakouny és munkatársai libanoni asymptomaticus esetek értékelése során tapasztaltakkal (32). Azonban a kaukázusi rasszba tartozók medence incidencia, keresztcsonti lejtés, valamint következményes lumbalis lordosis értékei egyértelműen és következményesen magasabbak, mint a Yong-, Li-, illetve Zhu és munkatársai által ázsiai rasszba tartozó esetek vizsgálata mellett kapott eredményeik (28, 33, 34). Érdekes továbbá, hogy tisztán mexikói esetek vizsgálata mellett Zárate-Kalfópulos és munkatársai még magasabb PI és LL, valamint SS értékeket tapasztaltak (35).

Gerincferdüléssel rendelkező csoport vizsgálata mellett szintén hasonló tendencia igazolódott. A kaukázusi rasszba tartozó esetek (26, 36) medence incidencia (illetve SS és LL) értékei szintén magasabbak az ázsiai rasszba tartozók értékelése mellett mutatkozott eredményeknél (28, 37), egyértelműen alacsonyabbak viszont, mint amit Lonner és munkatársai afro-amerikai rasszba tartozóknál észleltek (36).

2.4 A scoliosis

2.4.1 A scoliosis definíciója

A gyermek-, illetve serdülőkor leggyakoribb, a gerincet érintő strukturális deformitása a gerincferdülés, vagy scoliosis, mely egy összetett, a tér mindhárom síkjára kiterjedő (háromdimenziós) deformitás. A gerincferdülés mint betegség már Hippokratész óta ismert, mégis számos helyen ma is csupán a vizsgálatok során elsőként szembeötlő, frontális síkban megjelenő „elferdülés”-ként azonosítják, azonban az elváltozás a sagittális profilt is jelentősen megváltoztatja (jellemzően lordotikus irányba), továbbá a csigolyákat a horizontális síkban elrotálja, nem ritkán el is torzíthatja.

2.4.2 A scoliosis típusai és felosztása

A gerincferdülés lehet strukturális és nem strukturális, vagy funkcionális. A strukturális scoliosisek önmagukban is két nagy csoportra oszthatók:

- Ismeretlen eredetű (idiopathias) – az összes eset döntő többsége, hozzávetőleg 80%-a ebbe a csoportba tartozik. A kialakult gerincdeformitás eredete mögött többes (eltérő) okok kombinációja állhat, melyek pontos kapcsolatrendszere részben még felderítésre vár. A háttérben mindenekelőtt poligenetikus faktorok, valamint a csontnövekedés, az izomzat-, és a kötőszövetek fejlődésére, a központi idegrendszer zavaraira és bizonyos anyagcsere folyamatok megváltozására visszavezethető multifaktoriális okok fedezhetők fel, de ezek pontos szerepe még nem tisztázott (2. ábra).
- Ismert eredetű scoliosisek – az esetek közel 20% -a. Ebbe a csoportba számos elváltozás tartozik, mely betegségek a kialakuló deformitás egyértelmű hátterét adhatják. A teljesség igénye nélkül ide tartoznak a congenitalis (veleszületett) csigolyafejlődési rendellenességek következtében kialakuló gerincferdülések, a neuro-muscularis (izom- és idegrendszeri) eredet talaján (pl. ICP, SMA, Duchenne féle muscularis distrophia, traumás paraplegia, stb.) kialakultak és egyéb, különböző betegségekhez társuló deformitások, mint például: szindrómák, kötőszöveti betegségek (Marfan szindróma), anyagcsere betegségek, tumorok.



2. ábra. Ismeretlen eredetű gerincferdülés AP röntgenképe.

2.4.3 A scoliosis életkor alapú csoportosítása

A gerincferdülés a deformitás megjelenési életkorának függvényében is klasszifikálható, ez alapján három csoport különíthető el:

- infantilis – 3 év alatt;
- juvenilis – 4-9 év között;
- adolescens – 10 év felett jelenik meg az elváltozás.

A nemzetközi irodalom a korai kezdetű – early onset –, azaz 9 éves kor előtt jelentkező (38), illetve ezt követően kialakult, vagy késői kezdetű (late onset) csoportosítást is használja.

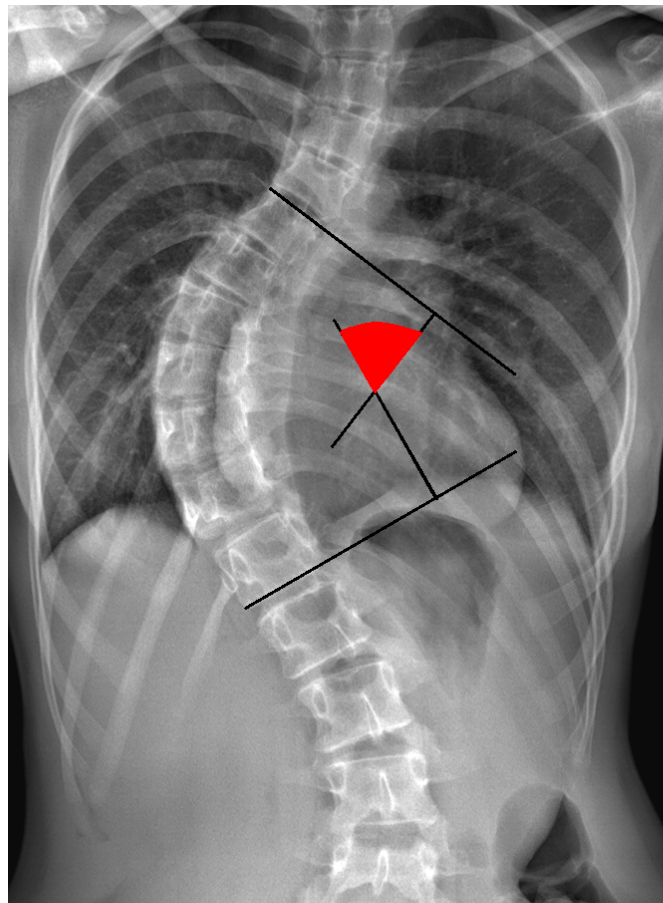
Az életkor alapú beosztás általában a kiváltó okkal is szoros kapcsolatba hozható. Az ismeretlen eredetű scoliosisek túlnyomó többségének (90%) jellemző manifesztációja a serdülőkor, melyek a legnagyobb csoportot a serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdülést

(adolescens idiopathic scoliosis – AIS – csoportot alkotják), míg a korai esetek hátterében többségében ismert ok áll.

2.4.4 A scoliosis „súlyosságának” meghatározása

A gerincferdülés „mértékének” meghatározásra szolgáló klasszikus módszer az úgynevezett Cobb-szög meghatározása (39). A Cobb-szög definícióját tekintve: a görbületben részt vevő kezdő és végcsigolyák zárólemézére húzott egyenesek által bezárt szög kiegészítő szöge (3. ábra).

A módszer a konvencionális kétdimenziós képalkotási technikán alapul, a modern 3D megjelenítést lehetővé tevő diagnosztikai eszközöknél a scoliotikus görbületek kiterjedtségének számítását már összetetten, térben végzik, majd az így nyert adatok alapján kerül sor a „klasszikus” Cobb-fok nagy pontosságú meghatározására.



3. ábra: A Cobb-szög.

2.4.5 A gerincferdülés előfordulásának gyakorisága

Amennyiben az ismeretlen eredetű serdülőkori gerincferdülés epidemiológiáját vizsgáljuk egy „meglehetősen” gyakori elváltozással találkozunk, mely előfordulása egyes források szerint összességben az 1-4%-ot is elérheti. Ez a meghatározás a minimum görbületre, tehát a 10 fok feletti Cobb-szög értékű deformitásra vonatkoztatható (40). Az irodalom szerint a 20 Cobb-fok feletti 0,3-0,5%-ot; a még súlyosabb, már 30 Cobb-fokot is meghaladó deformitásoké 0,2-0,3%-ot mutat, de az elváltozások előfordulásában jelentős különbségek fedezhetők fel az eltérő területek és publikációk között.

Enyhébb deformitások esetén a nemek aránya közel megegyező, míg a 30 Cobb-fok feletti görbületeknél már markáns (akár hét-tízszeres) női túlsúly is megfigyelhető lehet (41).

2.5 A gerincferdülés melletti sagittalis spino-pelvicus profil

Az ismeretlen eredetű gerincferdülés mellett észlelt sagittalis síkbeli lordotikus jelleg már a 19. század közepén Adams és munkatársai által felismerésre került (42), ám ezen észrevétel jelentősége a későbbi időszakban átmenetileg háttérbe szorult (1). Jelentőségének ismételt hangsúlyossá válása a huszadik század közepén Somerville és munkatársai vizsgálataihoz köthető (43). Ezt követően, a frontális síkon túl, a gerincferdülés sagittalis megjelenésével is foglalkozó közleményeknek az irodalomban való megjelenése a 80-as évekre tehető (19, 44, 45), míg ténylegesen a scoliosis sagittalis profiljával összetetten foglalkozó, illetve a frontális síkú görbülettel való kapcsolatot értékelő vizsgálok csak az ezredforduló után jelentek meg (26, 27, 46). Ez utóbbi vizsgálatok eredményei jelentős szerepet játszottak a scoliotikus deformitások terápiás szemléletében bekövetkezett változásokban.

Perdriolle és munkatársai szerint az ismeretlen eredetű gerincferdülés, kezdetben minden esetben lordotikus jellegűt mutat, majd fokozatosan lapos hát, illetve hyperkyphosis jelenhet meg (45). Erről a hagyományos röntgen alapú vizsgálatokon észlelt jelenségről a későbbi térbeli modellezésen alapuló vizsgálatok bebizonyították, hogy az észlelt „kyphosis” valójában a hyperrotáció melletti lordosis vetülete (19).

Gerincferdüléssel rendelkező esetek összetett vizsgálata és asymptomaticus csoporttal való összevetése során egyes szerzők a medence incidenciája és az ágyéki gerincgörbület – lordosis – közötti kapcsolatot a normál populációnál észlelteknél közel

megegyezőnek találták, illetve bizonyos esetben a medence helyzete és a háti kyphosis mértéke között is igazoltak összefüggést (3, 17). Ezzel ellentétben, más szerzők tapasztalatai szerint nincs statisztikai kapcsolat a háti kyphosis valamint az ágyéki lordosis mértékének alakulása között gerincferdülés esetén (36).

2.6 Célkitűzések

A serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdülés, mely a leggyakoribb strukturális gerincelváltozás, az általa a fiatal szervezetre kifejtett fizikális, illetve nem elhanyagolható mértékű pszichés hatása miatt kiemelten fontos entitás. A deformitás minél részletesebb feltérképezése jelentős segítséget nyújthat a betegség alapvető megértése, progressziójának megítélése, valamint kezelésének megtervezése és irányítása során.

A scoliosis mellett tapasztalt frontális megjelenés szembeötlő, míg a sagittalis spino-pelvicus kép, illetve annak a frontális görbülethez való kapcsolata már korántsem ennyire egyértelmű, mely állítást szem előtt tartva vizsgálataink céljaul tűztük ki:

- egy nagy esetszámú, serdülőkori, ismeretlen eredetű gerincferdüléssel rendelkező betegcsoport sagittalis spino-pelvicus profiljának részletes és pontos, 3D alapú meghatározását, ezáltal egy magyar – középeurópai kaukázusi rasszba tartozó – csoport referenciaértékeinek felállítását;
- a térbeli rekonstrukció alapú részletes paraméter meghatározás során kapott eredményeknek az irodalomban más szerzők által – azonos, illetve eltérő rasszba tartozó esetek mellett – publikált értékeivel való összevetését;
- eredményeinknek egy saját, gerincdeformitás nélküli asymptomaticus, vagy kontroll csoporthoz történő hasonlítását;
- az eltérő frontális görbületek esetén tapasztalt sagittalis profilok meghatározását, egymással való összehasonlító vizsgálatát, a frontális és sagittalis kép kapcsolatának összetett értékelését;
- valamint, a sagittalis medence paraméterek pozíció függő értékelését, illetve a scoliosishoz való viszonyának feltérképezését.

3 A vizsgált populáció és az alkalmazott módszerek

3.1 A medence és a gerinc radiológiai vizsgálati lehetőségei

A medence, valamint a gerinc – ezáltal a gerincdeformitások – radiológiai megjelenítésére a mindennapi klinikai gyakorlat során elsősorban a klasszikus, kétirányú röntgenfelvételek használatosak. Az ilyen képalkotási módszerek csupán kétdimenziós megjelenítést tesznek lehetővé, továbbá fontos megjegyezni, hogy alkalmazásuk során a két felvétel (AP és LAT) nem egyszerre, hanem eltérő időben, ezáltal a páciens mozgása és pozicionálása miatt nagy valószínűséggel eltérő pozícióban is készül. A kapott felvételpár így nem pontosan ugyanazt az állapotot jeleníti meg, tehát már pusztán e tény miatt sem alkalmas egy térbeli elváltozás valós térbeliségének nagy pontossággal történő megítélésére.

A vázelemek (többek közt a gerinc) valós térbeli (háromdimenziós) képének és helyzetének pontos meghatározására jól alkalmazható eljárás a CT felvétel, illetve az azon alapuló térbeli rekonstrukció készítése. A CT vizsgálatok során ténylegesen részletgazdag és összetett információk, ezáltal nagy pontosságú kép nyerhető a vizsgált területről, mely képek kitűnően alkalmazhatók a csontdiagnosztika során csontszerkezeti eltérések, úgymint fejlődési rendelleneségek, daganatok, törések pontos megítélésére. A computed tomográfias eszközök olyan major strukturális elváltozások, mint a scoliosis melletti rutinszerű klinikai felhasználásra való alkalmazása azonban túlzás. Ennek elsődleges oka a CT készülék használata során keletkező nagymértékű sugárterhelés, mely ionizáló sugárzás használatának minimalizálása elengedhetetlen, különösképp gyermekek esetén, továbbá olyan állapotok mellett, ahol egy folyamat követésére rendszeres képalkotó kontroll válhat szükségessé. További hátrányként említhető még a vizsgálat során használt képalkotási helyzet. A képalkotásokhoz általánosan fekvő pozíciót alkalmaznak, mely testhelyzet mellett történő megjelenítés esetén nagy a valószínűsége, hogy eltérő sagittalis állapottal találkozunk, mint fiziológiás álló terhelési viszonyoknál, így az elkészített felvétel ilyen irányú információk tekintetében könnyen félrevezető lehet. Egyéb korábbi hátrányok, mint a fém jelenléte melletti szórás, illetve lassú vagy költséges képalkotás, a modern készülékek mellett már kevésbé jelentenek problémát.

Az MRI alapú vizsgálatok, bár sugárterheléssel nem járnak, használatuk pusztán görbületes diagnosztika, és nem célzott vizsgálat miatt szintén nem kivihető, tekintettel a készülék korlátozott hozzáférhetőségére, a vizsgálat költségességére, illetve a képalkotás időigényességére, valamint (a korábban már említett) fekvő pozícionálásra.

3.2 Az EOS 2D/3D diagnosztikai eszköz

3.2.1 A készülék alapelve

Jelen tudományos munka alapjául szolgáló beteganyag radiológiai vizsgálata során alkalmazott diagnosztikai eszköz az EOS 2D/3D (EOS Imaging, Paris, France) röntgen scanner. A készülékhez kapcsolt software rendszer szimultán keletkező, teljes alakos, kétdimenziós röntgenfelvételeken alapulóan, a csontváz bizonyos részére vonatkoztatva nagy pontosságú háromdimenziós rekonstrukció elkészítését teszi lehetővé.

Az EOS 2D/3D scanner alapját a Georges Charpak lengyel-francia fizikus nevével fémjelzett, úgynevezett, MICROMEGAS (Micro Mesh Gaseous Detector) gáزدetektorok szolgáltatják. A detektorok különlegessége, hogy már egyetlen röntgenfoton érzékelésére is képesek, továbbá annak pályáját, energiáját is meg tudják határozni. Használatuk segítségével jelentős mértékben csökkenthető a képalkotás során alkalmazott sugárdózis, kiszűrhető a diffúz sugárzás, valamint széles dinamikus tartományú és nagy mélységélességű képek hozhatók létre (47, 48). A mikro szálás gázkamrás detektorok (proporcionális huzalkamra) kifejlesztéséért Charpak 1992-ben fizikai Nobel-díjban részesült.

3.2.2 A készülék működése, a vizsgálat menete

Az EOS vizsgálat egy félig nyitott fülkében, álló helyzetben vonal scanneléssel, 90 fokos helyzetben összekapcsolt, szimultán üzemelő kettős röntgencső és detektor együttes függőleges irányú mozgatásával történik. A képalkotás során ezáltal párhuzamosan keletkezik egy maximum 45 x 180 cm-es képpár egy kalibrált térben, ami a későbbi identikus pontokon alapuló rekonstrukció alapjául szolgál (4. ábra).



4. ábra: Az EOS készülék fényképe és a sugárcső-detektor helyzetének vázlata.

A standard körülmények között végzett képalkotás álló testhelyzetben történik, de lehetőség van egyéb, eltérő testhelyzet, például ülő pozíció használatára is, a készülék pontossága és megbízhatósága ekkor is változatlan, ahogy ezt már több publikáció is bizonyította (49-51).

A megfelelő minőségű képalkotáshoz, illetve a későbbi rekonstrukcióhoz szükséges a referenciapontok felismerése, ezért kiemelten fontos a páciens standard és precíz pozicionálása. Az EOS készülék használati útmutatója szerint a standard álló felvételeknek jobb láb 8-10 cm-el előre lépett pozícióban kell elkészülniük, mely minimális testhelyzetváltoztatás a globális egyensúlyra nincs kimutatható hatással, de az oldalfelvételen a referenciapontok egymásra vetülésének csökkenése miatt a későbbi térbeli modellezést nagyban elősegíti.

3.2.3 Az EOS készülék megbízhatósága

Az EOS 2D/3D készülékkel történő vizsgálatok, illetve az azon alapuló három dimenziós modell elkészítésének alkalmazhatósága, valamint megbízhatósága számos tanulmány témája volt a közelmúltban, melyek közül kivétel nélkül mindegyik alkalmas és megbízható módszernek találta az EOS technológiát a medence és gerinc egység tekintetében (52-59). Továbbá a standard álló beállítástól eltérő (ülő) helyzetet alkalmazó tanulmányok is azonos eredményt igazoltak. Lazennec és munkatársai az EOS készüléket a konvencionális röntgen

képalkotással összehasonlítva (mind álló, mind ülő pozícióban) kellően pontosnak, illetve ismételhetőségében még jobbnak találták (49, 60). Loppini-, illetve Bendaya és munkatársai csípőprotézis vápa helyzetének értékeléséhez használták a standard álló testhelyzet mellett ülő EOS felvételeket, vizsgálataik során a módszer ismételhetőségét jónak (3 fokról kisebb eltérésűnek) tapasztalták (50, 51).

3.2.4 Az EOS sugárterhelése

Az EOS készülékkel történő képalkotással kapcsolatban kiemelten fontos megemlíteni az általa alkalmazott alacsony sugárterhelését. Ennek a ténynek fokozott a jelentősége a gyermek vagy fiatalok, illetve a rendszeres kontrollra szoruló, így egyébként nem jelentéktelen sugárterhelést elszenvedő pácienseknél.

Deschênes és munkatársai szerint egy hagyományos röntgenkészülékkel összehasonlítva az EOS készülék annak ellenére is jobb minőségű képek készítésére alkalmas, hogy átlagosan 6-9-szer alacsonyabb sugárdózissal dolgozik. Egy átlagos kétirányú teljes test felvétel csupán 0,30 mGy terhelést jelent egy felnőtt számára (61). Damet és munkatársai szerint EOS képalkotóval készült kétirányú teljes gerinc felvétel felnőttél csupán 290 μ Sv, míg gyermeknél 200 μ Sv terheléssel elvégezhető, mely során a képminőség a hagyományos felvételekkel legalább egyenértékű (62). A CT alapú 3D megjelenítéssel való összehasonlítás során az EOS-hoz viszonyítva a sugárdózis a 25-30-szoros értéktől akár 800-1000-szeres értékig is változhat – a készülékektől és az alkalmazott vizsgálati protokolltól függően (63-67).

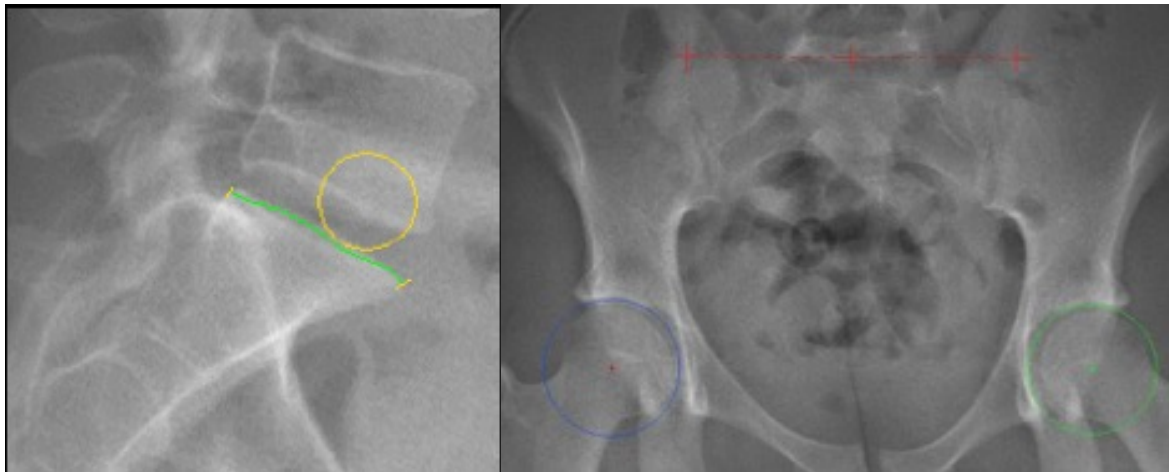
Az EOS által készített felvétel során keletkező nagy felbontású képpárokat felhasználva a kapcsolt sterEOS 3D szoftveres munkaállomáson a későbbiekben lehetőség van bizonyos háromdimenziós rekonstrukciók megalkotására is, ezáltal a rendszer a hagyományos röntgenkészülékkel szembeni előnyei vitathatatlanok.

3.2.5 A 3D modell és annak elkészítése

A képalkotás során szimultán keletkező egyszalagos kettős (AP és LAT) megjelenítést felhasználva a kapcsolt munkaállomáson a gyártó által biztosított 3D software segítségével van lehetőség a térbeli modell elkészítésére. Ennek a 3D modellnek a megalkotása a CT-nél alkalmazott rekonstrukciótól eltérően történik. A rekonstrukció során a program egy előre betáplált átlagmodellt vesz alapul, ami az előzetes geometriai ismeretek alapján egyenként

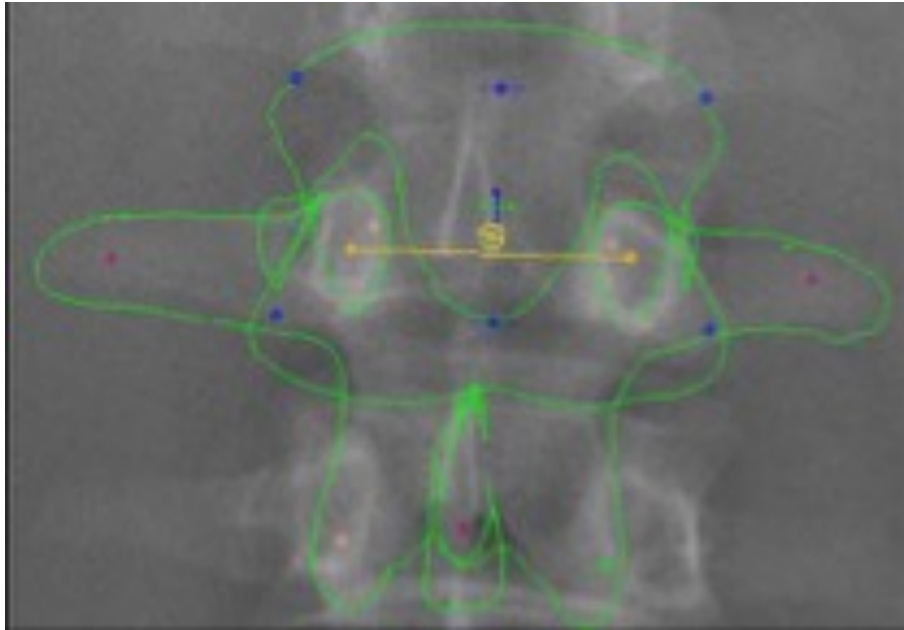
több száz preparált csigolyát vizsgálva került kialakításra. Az így létrehozott virtuális csigolyamodell közel 2000 identikus pontból áll össze. A csigolya pozícióját pedig egy csavar-keret definiálja egy 154 identikus pont részhalmazaként a burkolófelületen (68). A térbeli modellben a csigolyák vázai is több (négy) részre osztottak. Az anterior részt a csigolyatest jelenti (58 pont), a posterior részt a csigolyaív (20 pont), a jobb és bal oldali részeket pedig a csigolya jobb és bal oldali nyúlványai, ezek egyenként 38 pontból állnak (69).

A szoftveres három dimenziós rekonstrukció egy előre meghatározott lépéssorozat során készíthető el. A folyamat során elsőként a sacrum plató és az acetabulumok szimultán AP és LAT azonosítása (5. ábra), majd a gerincoszlop kontúrjának kijelölése történik.



5. ábra: A térbeli rekonstrukció medencén lévő referencia pontjainak kijelölése.

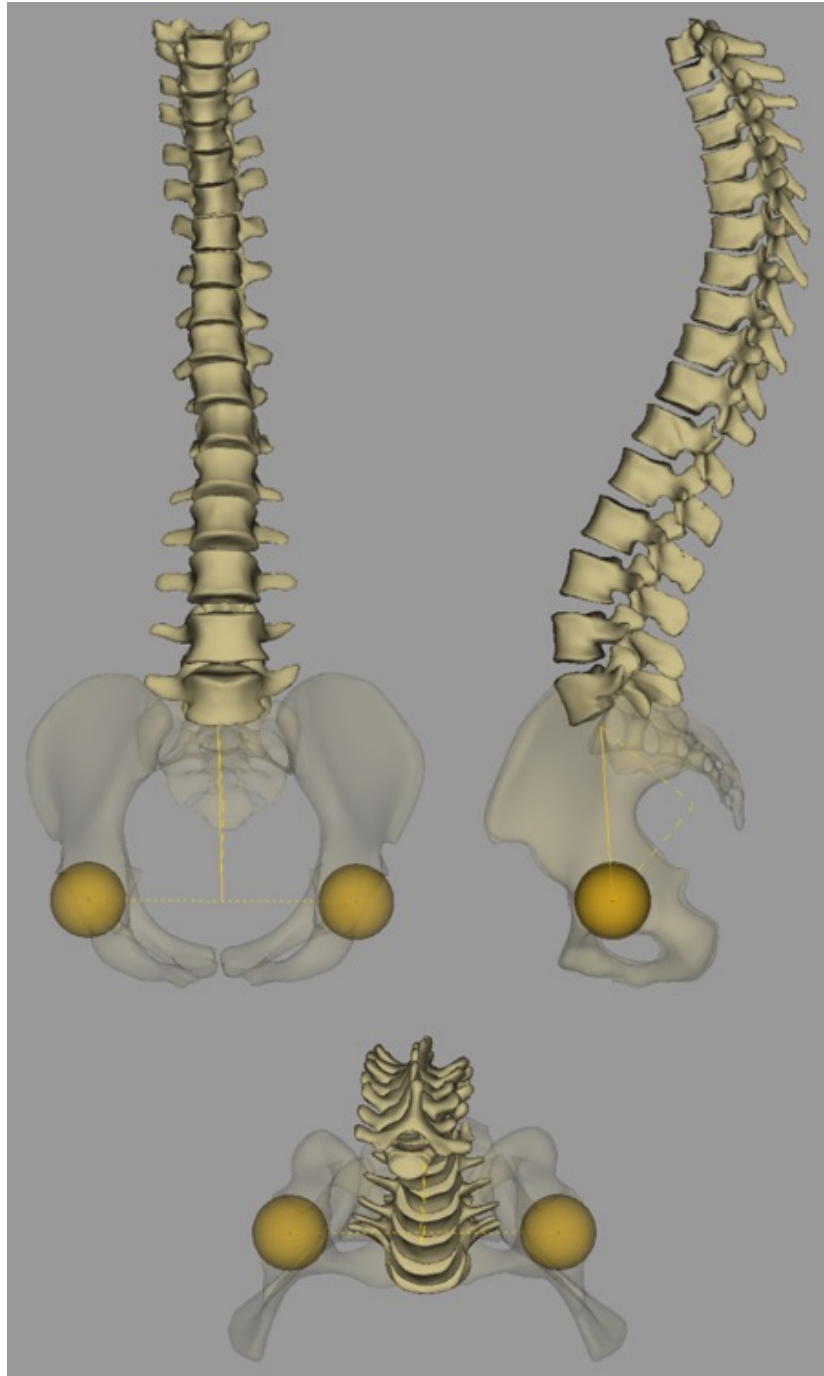
Második lépésként a program automatikusan egy kvázi elődleges modellt illeszt a képre. Ez a modell a korábban már említett átlag modellt alapul véve, az első lépés során bejelölt referenciapontokat felhasználva készül, ezáltal a deformitások mértékétől függően még meglehetősen pontatlan. Ezt követően a második fázisban van lehetőség a modell nagy pontosságú igazítására szimultán az AP és LAT képen, lépésről-lépésre, csigolyáról-csigolyára, manuális módszerrel, a megadott referenciapontok mozgásával (6. ábra).



6. ábra: A készülő modell egyik csigolyájának AP képét mutatja, a színes pontok manuális mozgatásával a modell nagy pontossággal illeszthető.

A software fejlesztés során elsőként a gerinc T1–L5 csigolyák közötti szakasza vált modellezhetővé, mely kiegészül egy vázlat medence modellel. Ez utóbbinak pontossága csak a femurfejek elhelyezkedésére, méretére, valamint a sacrum plató helyzetére korlátozódik. A 3D rekonstrukciós program a későbbiekben kibővült a teljes alsó végtag térbeli ábrázolását lehetővé tevő kiegészítéssel is. Egyebek, mint a felsővégtagok, nyaki gerinc, illetve pontos térbeli medencemodell elkészítésére jelenleg még nincs lehetőség.

A program alapbeállításkor 12 háti, és 5 ágyéki csigolyával számol, szám feletti csigolyákat, illetve esetlegesen a blokkcsigolyákat egyelőre nem tudja kezelni. Továbbá a keletkezett modellek nem alkalmasak a finom szerkezeti eltéréseket, például csontkinövéseket, apró felületi egyenetlenségeket megjeleníteni, de kiválóan megfelelnek a fő elemek és azok egymáshoz viszonyított pontos térbeli helyzetének vizualizálására (7. ábra).



7. ábra: Egy elkészített 3D modell, mely alapján a felülnézeti kép is megjeleníthető.

3.2.6 EOS vizsgálat indikációi

A EOS 2D/3D röntgendiagnosztikai eszközt elsősorban ortopédiai alkalmazásra tervezték, ezért a használatának indikációi is jelenleg zömmel ortopédiaiak, de egyéb, többek között traumatológiával kapcsolatos területen is történtek már felhasználási kísérletek jó eredményekkel (70).

A készüléknek az által biztosított kiváló felbontás gyors, költséghatékony képalkotás, valamint az alacsony sugárterhelés miatt, a későbbiek során várhatóan például egyes szisztémás, a teljes csontrendszert érintő betegségek esetében, vagy akár tumoros folyamatok vizsgálatában is fontos szerep juthat, ezáltal az eszköz az ortopédián túl egyéb klinikai területek számára is hasznos diagnosztikai eszközzé válhat (52, 71, 72).

3.2.7 Az EOS készülék klinikai előnyei

Az EOS 2D/3D röntgendiagnosztikai készülék technikai háttérének ismeretében érthető válik, hogy előnyei miért elsősorban a mozgásszervi vonalon, ortopédiai szakterületen bontakoznak ki. Az eszköz ultra alacsony sugárdózis mellett alkalmas a teljes test egy időben történő, szimultán, kétirányú, álló helyzetű megjelenítésére, mely nagy előnye a fiziológiás ízületi terhelés melletti ábrázolás. Erre az EOS készüléken kívül jelenleg más eszközzel nincs lehetőség, az eltérő – többek között ülő – testhelyzeti képalkotás pedig lehetőséget biztosíthat a testhelyzet megváltoztatásával keletkező eltérések megjelenítésére és értékelésére.

Az általa biztosított felszíni, három dimenziós ábrázolás olyan új klinikai paraméterek meghatározását is lehetővé tette, melyek a konvencionális 2D ábrázolás használata mellett korábban nem voltak kivihetők (61). A berendezés, illetve a hozzá kapcsolt rekonstrukciós softwarecsomag forradalmi eredményt hozott mind a gerinc (52-54, 73, 74), mind pedig az alsó végtagok (67, 75-78) vizualizációs lehetőségeiben.

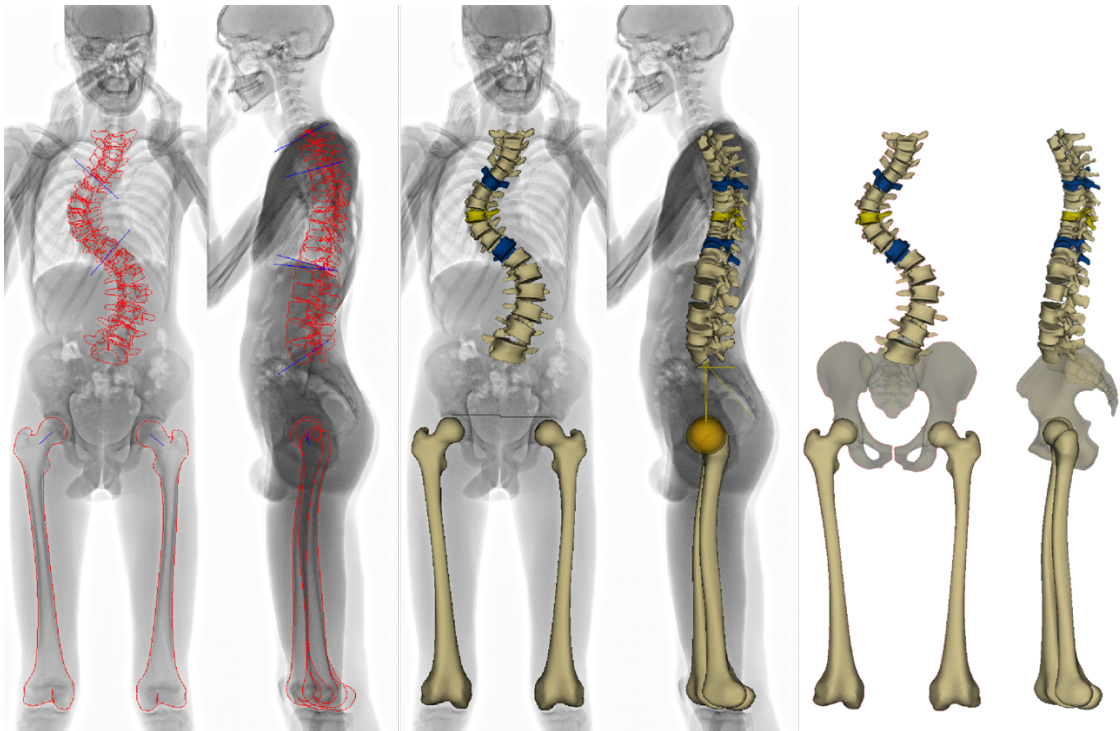
A képalkotásból és a rekonstrukciókból nyert információk jó eredményekkel használhatók, a gerincen végzett operatív beavatkozásokon túl akár a csípőízületi protetika tervezésében, akár a beültetett implantátum postoperatív helyzetének értékelésében, a standard álló testhelyzetű, valamint az attól eltérő, például ülő pozícióban is (50, 51, 79).

A térbeli rekonstrukcióval kapcsolatban viszont ismételten hangsúlyozandó, hogy az átlagmodell alapú rekonstrukció biztosította megjelenítés nem alkalmas finom csontszerkezeti eltérések, strukturális változások ábrázolására, segítségével csupán a deformitás vizsgálható. Egyéb, célzott szerkezeti vizsgálatokban az EOS képalkotás a CT vizsgálatoknak nem alternatívája.

3.3 A vizsgálatok során feldolgozott beteganyag

Az EOS 2D/3D diagnosztikai eszköz a Pécsi Tudományegyetem Ortopédiai Klinikájához kapcsoltnan 2007 óta áll rendelkezésre a mindennapi rutin klinikai felhasználás során.

Jelen tudományos munka alapjául szolgáló vizsgálatok során feldolgozott esetek a 2007 és 2012 között időszakban készült több ezer EOS képalkotást tartalmazó klinikai adatbázis retrospektív elemzése során kerültek összegyűjtésre. Az adatbázis átnézése során elsősorban fiatal, gerincferdüléssel rendelkező esetekre koncentráltunk, majd a sterEOS 3D software segítségével a teljes gerinc felszíni térbeli rekonstrukciójának elkészítése történt meg, a korábban már ismertetett módon. A képalkotásokat követően a képanyagok értékelésére, a térbeli modell elkészítésére a sterEOS (v1.3.4.3740; EOS Imaging, Párizs, Franciaország) programcsomagot használtuk. A software ezen, korábbi verziója csupán a gerinc (valamint kvázi medence) rekonstrukcióját tette lehetővé. A későbbiekben a fejlesztéseknek köszönhetően a rekonstrukciós program kibővült az alsó végtagi kiegészítéssel is, melynek segítségével a már elkészült modellek a további rekonstrukciókkal is kiegészíthetőkké váltak (8. ábra).



8. ábra: EOS felvétel és gerinc térbeli rekonstrukció, kiegészítve az alsó végtagi software femoralis moduljával.

Jelen tudományos munka első lépéseként több mint 750 teljes gerinc 3D rekonstrukció készült el, melyek a további vizsgálatok alap adatbázisát szolgáltatták. A rekonstrukciók közül több mint 650 eset rendelkezett valamilyen gerincdeformitással, míg közel 100 eset gerincérintettségől mentesnek bizonyult. Ez utóbbi eseteket külön adatbázisba gyűjtöttük és a további vizsgálataink során kontroll csoportként használtuk.

3.3.1 A spino-pelvicus egység sagittalis profiljának értékelése során feldolgozott esetek

A rekonstrukciók elkészültét követően az eseteket (illetve a hozzájuk tartozó dokumentációkat) ismételten, célzottan tekintettük át, majd csoportosítottuk az ismeretlen eredetű gerincferdüléssel rendelkező fiatal eseteket keresve. Kizártunk ezáltal minden olyat, ahol az elváltozás valamilyen ismert okból kialakult ki, valamint azokat, ahol a képalkotás vagy a rekonstrukció elkészítése során olyan hiba keletkezett, ami a kapott eredményekre befolyásoló hatással lehet, illetve azokat is, ahol korábban bármilyen, a gerincet és az alsó végtagokat érintő sebészeti beavatkozás történt. A vizsgálatba végül 458 (82 férfi, 376 nő), bizonyítottan serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdüléssel rendelkező esetet tudtunk bevonni. Az átlagéletkor $16,8 \pm 4,7$ év volt, míg az életkor szórása 12-26 évnek mutatkozott.

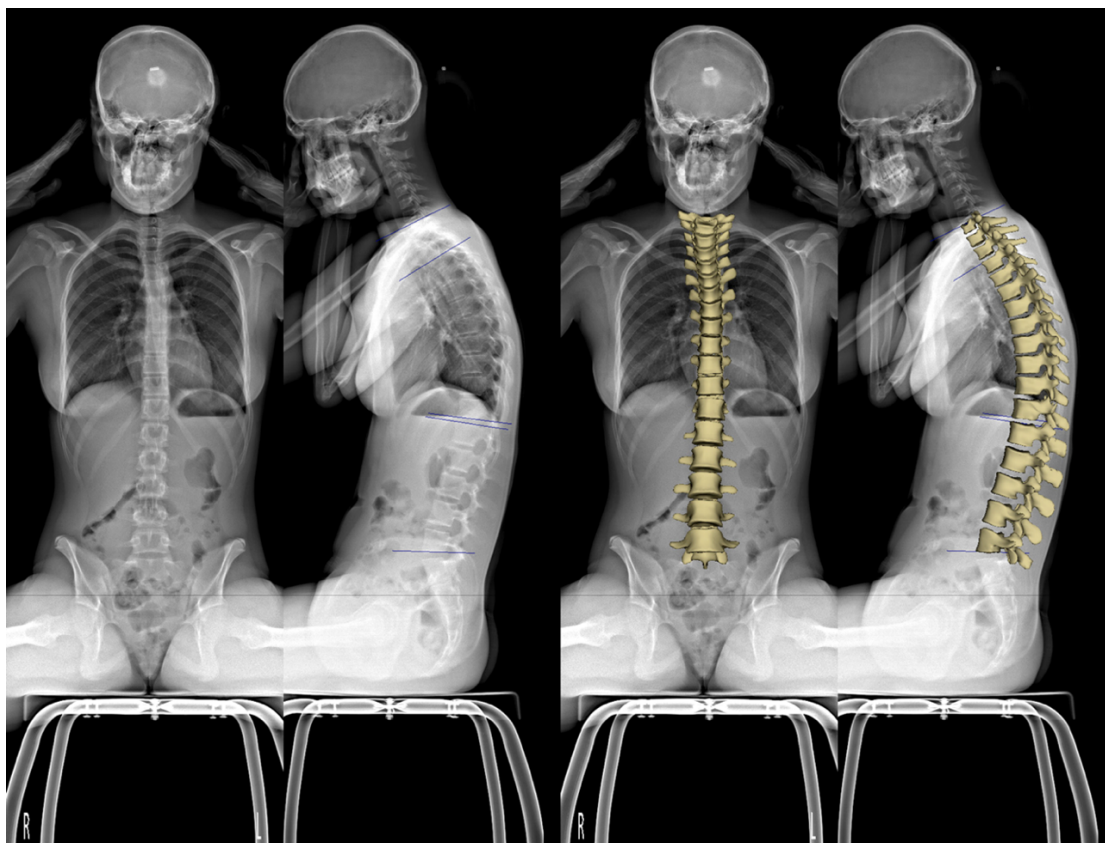
A közel 100 igazolt, gerincet érintő deformitással nem rendelkező esetet a már említett módon külön adatbázisba soroltuk és kontroll csoportnak jelöltük. A nem megfelelő minőségű és koreloszlásban nem egyező rekonstrukciókat eltávolítottuk, így a kontrollként jelölt csoportunk végül 69 (28 férfi 41 nő) esetet foglalt magában. Átlagéletkor $17,1 \pm 4,4$ év, szórás 12-26 év volt.

3.3.2 A spino-pelvicus profil vizsgálatába bevont esetek képalkotásainak indikációja

A feldolgozott esetek mindegyikénél a képalkotó vizsgálat rutin protokoll során ortopédiai indikációval történt, vagy ismert gerincferdülés megjelenítése, progressziójának kontrollja, vagy fizikális vizsgálat során felmerült gyanúja miatt. A kontrollként használt (gerincelváltozástól mentes) csoport esetén a képalkotás indikációja az esetek egy részénél szintén scoliosis gyanúja volt, melyet az elvégzett vizsgálat nem igazolt. A csoport másik részénél ismeretlen eredetű ízületi fájdalom miatt készültek a felvételek, melyek háttérben végül csont érintettség nem volt bizonyítható.

3.3.3 A medenceparaméter pozíciófüggő vizsgálata során feldolgozott esetek

A medenceparaméterek pozíciófüggő vizsgálatába bevontak álló helyzetű térbeli modelljei szintén beletartoztak az összesen elkészített több, mint 750 rekonstrukcióba, de őket egy külön adatbázisba is elkülönítettük, kiegészítve a később készített ülő helyzetű képpárokkal (9. ábra), így itt mindenkinél kettős (ülő és álló) képalkotás és rekonstrukció történt. A csoportba összesen 48 (15 férfi 33 nő) eset tartozott. Átlagéletkoruk 19,9 év, szórásuk 16-30 év volt. Erről a különválasztott halmazról elmondható, hogy közös jellemzőjük volt a derékpanasz, illetve az, hogy az intézeti szakambulancián elvégzett ambuláns fizikális vizsgálat során felmerült a keresztcsonti ízület mobilitási lehetőség. A 48 eset egyebekben meglehetősen heterogén megoszlást mutatott. 18-nál (38%) tapasztaltunk 20 fok feletti Cobb-szög értékkel rendelkező gerincferdülést (átlag Cobb-szög 44 fok). További 3 esetben (6%) igazolódott „enyhébb” gerincferdülés (Cobb-szög nem nagyobb mint 20 fok), valamint szintén három páciensnél (6%) Scheuermann betegség állt fenn. A további 24-nél (50%) EOS képalkotással kimutatható kóros állapot nem volt igazolható.



9. ábra: Ülő helyzetben készült EOS képalkotás és a hozzá tartozó rekonstrukció.

3.3.4 A medence pozíciófüggő vizsgálatába bevont esetek vizsgálati indikációja

A medenceparaméter testhelyzetfüggő vizsgálata során feldolgozott esetek a klinika járóbeteg ambulanciáján gerincferdülés gyanúja, vagy igazolt gerincdeformitás, illetve ismeretlen eredetű ízületi panasz miatt jelentkeztek, továbbá mindegyikük derék körüli fájdalomról is beszámolt. Amennyiben a primer ellátás során javasolt konzervatív terápia ellenére a panaszok továbbra is fennálltak, a kontroll vizsgálat során a medencében feltételezhető mobilitást (mint a panaszok lehetséges okát) fizikális módszerrel próbáltuk vizsgálni. Amennyiben az elvégzett fizikális vizsgálat során felmerült a mobilitás lehetősége, annak igazolása érdekében elkészítettük a korábbi klinikai protokollnak megfelelő, álló helyzetű EOS 2D/3D képalkotás mellé az eltérő testhelyzetű (ülő) megjelenítést is.

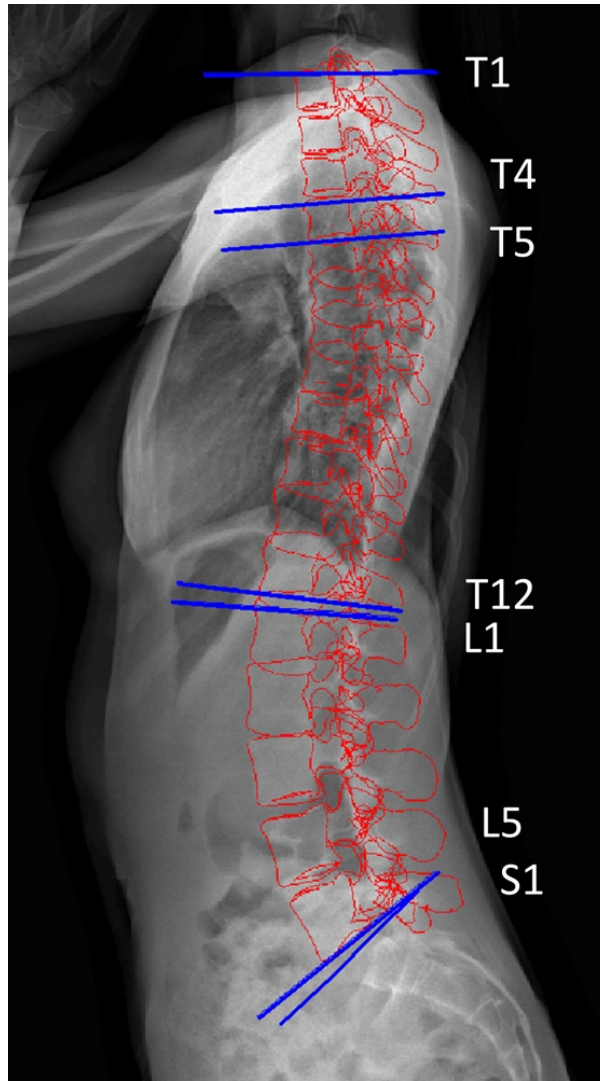
3.3.5 A vizsgálatok etikai háttere

A képalkotás minden vizsgálat estén rutin protokoll részeként, ortopédiai indikációval készült. A vizsgálatok előtt a páciensek, illetve törvényes képviselőik minden esetben írásban egyeztek bele annak elvégzésébe, illetve a kapott adatok későbbi kutatási célra való felhasználásába. A hatályos Magyar törvények (Orvostudományi kutatás meghatározásáról szóló 1997. CLIV. törvény 157. §-a és az Egészségügyi Minisztérium 23/2002. (V.9.) az embereken végzett orvostudományi kutatásokról szóló rendelete) alapján az adatok ilyen retrospektív jelleggel történő későbbi feldolgozása során további etikai engedély nem szükséges.

3.4 A vizsgált paraméterek

- T1–T12 és T4–T12 kyphosis; (10. ábra); (EOS által automatikusan mérve)
- T5–T12 és T10–L2 kyphosis; (10. ábra); (manuálisan meghatározva az EOS 2D munkaállomáson)
- L1–L5 és L1–S1 lordosis; (10. ábra); (automatikus EOS mérés)
- Medenceparaméterek – PI; PV; SS; (1. ábra); (EOS által meghatározva)

- Cobb-szög; (2. ábra); a gerincferdülés végcsigolyáinak a görbület csúcsától távolabb eső zárólemezen átfektetett egyenesekre állított merőlegesek által bezárt szög kiegészítő szöge (3D rekonstrukció alapján a sterEOS szoftver nagy pontosságú meghatározása alapján).



10. ábra: A sagittalis gerincparaméterek.

3.5 A gerincferdüléssel rendelkező esetek klasszifikációja

A 458 bizonyítottan serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdüléssel (AIS) rendelkező esetet a jelenleg leginkább elfogadott és elterjedt – 2001 óta alkalmazott – Lenke féle scoliosis klasszifikációs rendszer alapján kategorizáltuk. Ez a klasszifikáció egy alapvetően két dimenziós

röntgen alapú beosztás. Alapját a görbület frontális síkban való megjelenése adja, de az alcsoportok meghatározása során már a sagittalis megjelenést is figyelembe veszi (80).

3.5.1 A Lenke klasszifikáció alkalmazása

A Lenke klasszifikáció szerinti beosztást minden esetről a 3D rekonstrukciók elkészültét követően (11. ábra), attól független alkalommal, külön lépésben, manuális módszerrel készítettük el, a sterEOS program 2D munkaállomását használva.

A Lenke klasszifikációs rendszer három egymástól külön értékelendő részből tevődik össze:

1. A görbületek frontális profiljának meghatározása:

A klasszifikáció első (fő) lépéseként a frontális síkban történik a görbületi altípusok kategorizálása. Ennek elsődleges eleme a major görbület kijelölése és a minor görbületek strukturális karakterisztikájának felismerése. A beosztás a proximális háti szakaszt, a „fő” háti szakaszt és háti-ágyéki átmentet/ágyéki szakaszt minden esetben külön értékeli.

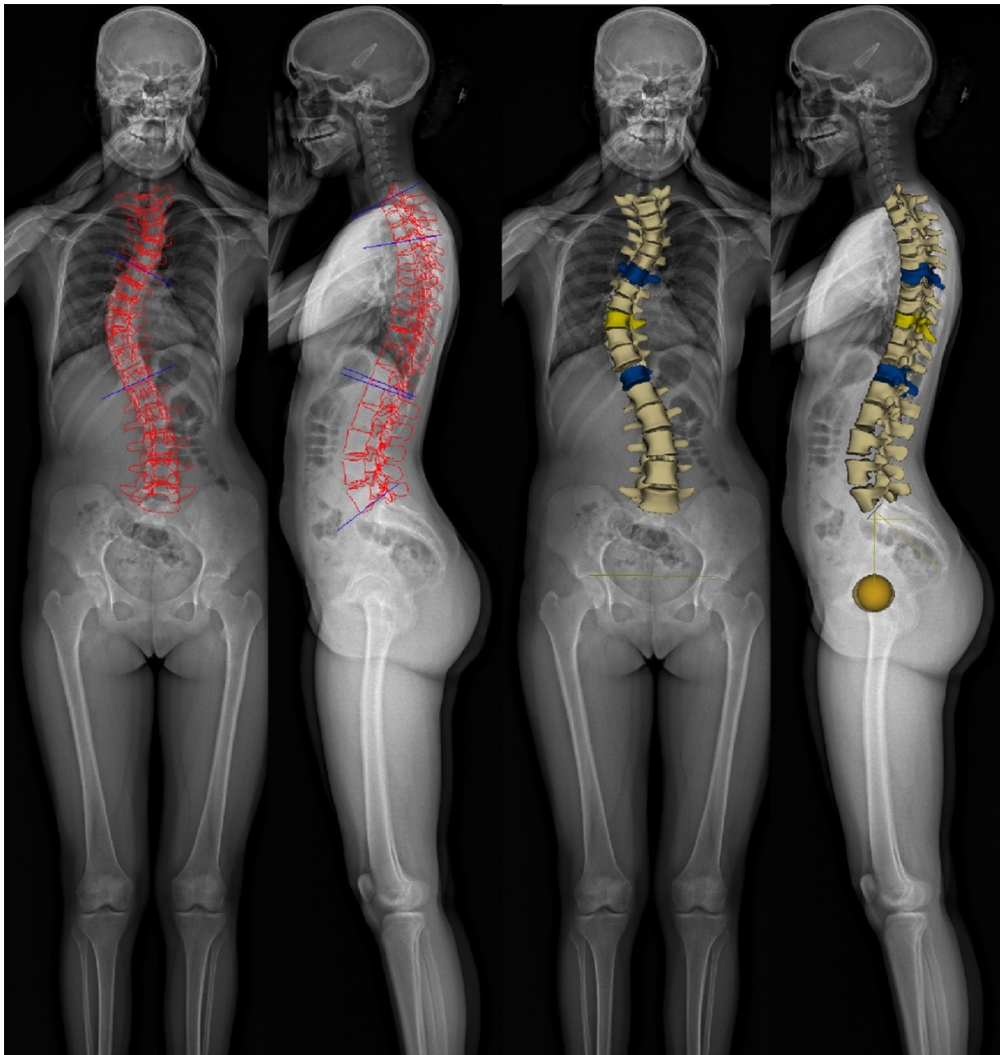
A Lenke klasszifikáció a görbületek frontális megjelenése alapján 6 altípust ismer:

- **Lenke 1-es típus: (thoracalis fő görbület):** A fő görbület a háti görbület míg a proximális háti és a háti-ágyéki átmeneti/ágyéki görbület minor, nem strukturális.
- **Lenke 2-es típus: (dupla háti görbület):** A háti görbület a fő görbület, míg a proximális szakaszon minor, de strukturális görbület van, mindemellett a háti-ágyéki/ágyéki görbület minor és nem strukturális.
- **Lenke 3-as típus: (dupla fő görbület):** A háti és a háti-ágyéki/ágyéki görbület egyaránt strukturális görbület, míg a proximális háti szakaszon minor görbület van. Valamint a fő görbület a háti görbület, mely nagyobb/egyenlő, vagy 5 foknál nem kisebb mint a thoracolumbalis/lumbalis.
- **Lenke 4-es típus: (tripla major görbület):** Mindhárom görbület strukturális görbület.
- **Lenke 5-ös típus: (thoracolumbalis/lumbalis görbület):** A háti-ágyéki átmentet/ágyéki görbület a fő görbület és strukturális, míg a háti és a proximális háti görbület nem strukturális.

- **Lenke 6-os típus: (thoracolumbalis/lumbalis görbület háti strukturális görbülettel):** A háti-ágyéki/ágyéki görbület a fő görbület és legalább 5 fokkal nagyobb, mint a háti görbület, mely szintén strukturális.

A görbületek strukturális mivoltának meghatározási kritériumai:

- A side bending (oldalra dőlt helyzetű) Cobb-szög értéke nagyobb vagy egyenlő 25 fok;
- **és/vagy:**
 - proximalis háti görbület esetén a sagittalis síkban a T2–T5 kyphosis értéke nagyobb vagy egyenlő 20 fok,
 - fő háti, valamint háti-ágyéki átmeneti/ágyéki görbület esetén mért sagittalis T10–L2 kyphosis nagyobb egyenlő 20 fok.



11. ábra: EOS rekonstrukció (Lenke 1 típusú fő görbülettel).

2. A beosztás ágyéki „L mod.” alcsoportjának meghatározása:

A Lenke klasszifikáció ágyéki, „lumbal modifier” csoportjának meghatározásához első lépésként el kell végezni a frontális felvételen a keresztcsonti középvonal (CSVL – central sacral vertical line – az előlnézeti képen a keresztcsont zárólemezeének középpontjába állított függőleges vonal) meghatározását. Ennek a vonalnak az ágyéki görbület csúcs csigolyájához viszonyított lefutása alapján lehet elkészíteni a 3 féle (A, B, C) alcsoportot:

- „A” kategóriát jelent, ha a CSVL vonal a lumbalis csúcs csigolya pediculosain belül fut;
- „B” kategóriát ha a vonal érinti a pediculust;
- „C” csoportba azon esetek tartoznak, ahol a CSVL vonal a csúcs csigolya pediculusan kívülre esik.

A meghatározás szerint bizonytalan esetekben a „B” csoport választandó.

3. A Lenke klasszifikáció sagittalis alcsoportja:

A beosztás harmadik elemét a sagittalis alcsoportok meghatározása (sagittal modifier, „S mod.”) adja, ami a T5–T12 kyphosis alapján kategorizál. Amennyiben ennek értéke:

- 10 fok alatt van akkor az S mod. „negatív”
- 10-40 fok között „normál”;
- 40 fok felett pedig „pozitív”.

Az EOS szoftver automatikusan a T4–T12 kyphosist határozza, illetve jelöli meg.

A T5–T12 kyphosis kiszámítása manuális módszerrel történt, amiben segítséget jelentett a T12 alsó zárólemezeének, tehát a görbület alsó pontjának a software általi bejelölése (az automatikus T4–T12 számítás során), így a röntgenképen a mérést végző vizsgálónak csak a T5 csigolya felső zárólemezeit kellett pontosan identifikálni, majd a szögértéket meghatározni.

3.6 A felsőtesti pozíció és a medenceparaméterek változásának kapcsolata

A medence incidencia testhelyzetfüggő változásának vizsgálata során az esetek egy részénél csökkenést, míg másoknál növekedését figyeltünk meg. A képalkotás minden esetben elsőként álló helyzetben, majd később, külön alkalommal ülő pozícióban történt, így az eredmények összehasonlítása során is mindig az álló értékből vontuk ki az ülő pozíció mellett tapasztalt értékeket.

A hol növekvő, hol csökkenő változás eredetét keresve ismét áttekintettük a röntgenképeket, mely során azt tapasztaltuk, hogy a változás iránya, valamint az ülési pozíció között összefüggés mutatható ki. Ennek a megfigyelésnek az objektív mérésére nem találtunk megfelelő közlést az irodalomban, ezért – számos módszer kipróbálását követően – a C7-es csigolya testének középpontjából futó függőleges tengely (az oldalnézeti C7 súlyvonal), mint a felsőtest helyzetének indikátora, és az alátámasztási pontnak tekintett ülőgumók (tuber ischiik) legalacsonyabb pontja közötti távolság mérésével értékeltük a pozíciót, így számszerűsítve a méréseket (12. ábra).



12. ábra: A felső testi pozíció és az ülőhelyzet kapcsolatának meghatározása.

3.7 A mérések megbízhatóságának vizsgálata

A méréseket végző személy megbízhatóságának értékelése a Winer kritériumok szerint történt, úgy, hogy véletlenszerűen kiválasztott esetek három független alkalommal kerültek értékelésre. Amennyiben a korrelációs vizsgálati eredményei 0-0,24 csoporton belüli korrelációs koefficiens mutattak azt gyengének (vagy hiányzónak) jelöltük. 0,25-0,49 esetén alacsony, 0,50-0,69 között közepes, 0,70-0,89 esetén jó, 0,90 felett pedig kiváló megbízhatóság volt megállapítható (81).

3.8 Az alkalmazott statisztikai módszerek

A mérések során kapott adatok statisztikai elemzése az SPSS v22 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) és Microsoft Office Professional Plus v14.0.6112.5000 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) programcsomagokkal történt. Az értékek eloszlását a Kolmogorov-Smirnov teszttel vizsgáltuk. A véletlenszerű kiválasztáshoz a Microsoft Excel VÉLETLEN.KÖZÖTT függvényét használtuk.

A spino-pelvicus paraméterek esetén a kontroll és a scoliotikus csoport, valamint az egyes gerincferdüléssel rendelkező alcsoportok közötti összefüggések megítélése független mintás t-próbával történt. A paraméterek kapcsolatának vizsgálatára a lineáris regresszió analízist használtunk.

A medenceparaméterek pozíciófüggő értékelése során az ülő-álló csoport paraméterei közti kapcsolatot független mintás-, illetve páros mintás t-próbával értékeltük, míg a medence incidencia különbségei és az ülési pozíció összevetése klaszteranalízissel történt.

A vizsgálatok során a $p < 0,05$ értéket tekintettük szignifikánsnak.

4 Eredmények

4.1 Az EOS készülék megbízhatósága

A tudományos munka alapjául szolgáló vizsgálatok során elvégzett mérések intraobserver megbízhatóságának eredményei minden esetben 0,90 feletti csoporton belüli korrelációs koefficienszt adtak, így mindvégig kitűnőnek bizonyultak, a Winer kritériumok szerint.

4.2 Paraméterek eloszlása

A Kolmogorov-Smirnov teszt szerint a vizsgálatok során minden paraméter normál eloszlásúnak mutatkozott.

4.3 A sagittalis spino-pelvicus profil

4.3.1 A gerinc sagittalis paraméterei

A vizsgált 458 serdülőkori ismertelen eredetű gerincferdüléssel rendelkező eset, valamint a gerincbetegségektől mentes 69 főből álló kontroll csoport sagittalis gerincparamétereivel kapcsolatos összesített eredmények átlagértékeit, szórását, illetve a két csoport független mintás t-próbával végzett összehasonlítását az *1. táblázat* mutatja.

A t-próba eredményei szerint a két csoport között statisztikailag szignifikáns különbség ($p < 0,001$) a háti kyphosis paraméterek (T1–T12 kyphosis, T4–T12 kyphosis és T5–T12 kyphosis) értékeiben volt kimutatható. A gerinc caudalis szakaszát, a háti-ágyéki átmenetet (T10–L2 kyphosis), illetve a ágyéki lordosis értékeit tekintve statisztikailag szignifikáns eltérés nem volt igazolható.

Paraméter (fok)	Kontroll (n=69)		AIS (n=458)		t-próba
	átlag	S.D.	átlag	S.D.	p
T1–T12 kyp	43,36	12,71	34,11	17,12	<0,001
T4–T12 kyp	37,74	15,12	27,11	18,83	<0,001
T5–T12 kyp	32,88	15,03	24,91	15,78	<0,001
T10–L2 kyp	8,31	6,43	8,69	8,73	0,755
L1–L5 lord	45,99	9,14	46,38	13,20	0,830
L1–S1 lord	57,04	10,42	54,86	14,84	0,290

1. táblázat: A sagittalis gerincparaméterek.

kyp=kyphosis, lord=lordosis, S.D.=standard deviation.

4.3.2 A medence sagittalis paraméterei

A 458 gerincferdüléssel rendelkező és a 69 kontroll eset mellett tapasztalt sagittalis medenceparaméter átlagát, szórását, illetve statisztikai kapcsolatát a 2. táblázat ábrázolja.

(fok)	Kontroll (n=69)		AIS (n=458)		t-próba
	átlag	S.D.	átlag	S.D.	p
PT	7,12	7,29	7,54	8,32	0,722
PI	46,25	8,30	47,27	12,77	0,564
SS	39,12	6,70	39,58	10,31	0,748

2. táblázat: A sagittalis medenceparaméterek.

PT=pelvic tilt, PI=pelvic incidence, SS=sacral slope, S.D.=standard deviation.

A két csoport független mintás t-próbával végzett összehasonlítása során statisztikailag szignifikáns különbség egyik medence paraméter tekintetében sem igazolódott, az értékek közel azonosnak bizonyultak.

4.4 A Lenke klasszifikáció szerinti eredmények

A 3. táblázat a vizsgálatba bevont 458 serülőkori ismeretlen eredetű gerincferdüléssel rendelkező eset Lenke klasszifikáció szerinti részletes megoszlását foglalja össze.

		Lenke 1	Lenke 2	Lenke 3	Lenke 4	Lenke 5	Lenke 6	Össz
	n=	165	12	92	8	155	26	458
L mod	A	131	6	5	1	-	-	143
	B	28	4	30	3	-	-	65
	C	6	2	57	4	155	26	250
S mod	-	34	3	30	3	9	5	84
	N	108	5	55	3	127	20	318
	+	23	4	7	2	19	1	56

3. táblázat: A Lenke klasszifikáció szerinti megoszlás.

L mod=lumbal modifier, S mod=sagittal modifier.

4.4.1 A gerincferdülés görbületeinek mértéke

Az összes ($n=458$) ismeretlen eredetű serülőkori gerincferdüléssel rendelkező eset Lenke szerinti klasszifikáció fő csoportjai (Lenke 1-6) mellett tapasztalt átlag Cobb-szög értékeket, valamint azok szórását a 4. táblázat jeleníti meg. A táblázat proximalis háti, a „fő” háti, illetve háti-ágyéki átmeneti/ágyéki görbületek értékeit (a beosztás meghatározásának megfelelően) külön-külön fokban mutatja.

	n=	Prox átlag ± S.D.	MT átlag ± S.D.	TL/L átlag ± S.D.
Lenke 1	165	–	36,7 ± 20,4	–
Lenke 2	12	37,3 ± 8,8	45,5 ± 15,5	–
Lenke 3	92	–	57,9 ± 22,9	40,1 ± 15,2
Lenke 4	8	39,8 ± 7,2	73,1 ± 13,9	53,9 ± 19,5
Lenke 5	155	–	–	26,7 ± 13,1
Lenke 6	26	–	41,1 ± 13,1	49,7 ± 14,2
Össz	458	38,4 ± 8,5	44,8 ± 21,0	34,3 ± 16,5

4. táblázat: A görbületek melletti átlag Cobb-szög értékek és szórásuk.

Prox=proximalis, MT=main thoracic, TL=thoracolumbal, L=lumbal, S.D.=standard deviation.

4.4.2 A sagittalis gerincparaméterek

Az egyes Lenke főcsoportok mellett külön-külön tapasztalt sagittalis gerinc paraméter értékeket az 5. táblázat foglalja össze. Minden főcsoport esetén külön-külön független mintás t-próba használatával végeztük el a kontroll csoporttal való statisztikai összehasonlítást.

Az eredményeink szerint a T10–L2 kyphosis kivételével, ahol a kontroll; $8,31 \pm 6,43^\circ$ -hoz képest az L3; L4 és L6 csoportnál ($11,03 \pm 12,01^\circ$; $10,71 \pm 5,18^\circ$; $10,06 \pm 10,62^\circ$) diszkrét, de nem szignifikáns ($p=0,123-0,362$) növekedést tapasztaltunk, minden kyphosisra vonatkozó paraméter csökkenő tendenciát mutatott, gerincferdülés jelenléte mellett. A kontroll csoporthoz viszonyítva ez a csökkenő tendencia (lordotikus jelleg) a T4–T12 kyphosis tekintetében minden főcsoport esetén statisztikailag szignifikáns ($p<0,05$) volt. Azonban a T1–T12 kyphosis és a T5–T12 kyphosis esetén a Lenke 2 és Lenke 4 csoport mellett már statisztikailag nem szignifikáns ($p>0,05$) különbséget tapasztaltunk.

Az ágyéki görbületek, L1–L5 és L1S1 lumbalis lordosis tekintetében az egyes csoportok átlaga és a kontroll csoport értékei egymáshoz nagyon közelinek mutatkoztak, statisztikailag szignifikáns eltérés nem volt kimutatható ($p=0,054-0,724$).

		(fok)	T1–T12 kyphosis	T4–T12 kyphosis	T5–T12 kyphosis	T10–L2 kyphosis	L1–L5 lordosis	L1–S1 Lordosis
Kontroll	Átlag		43,36	37,74	32,88	8,31	45,99	57,04
	S.D.		12,71	15,12	15,03	6,43	9,14	10,42
Lenke 1 n=165	Átlag		34,01	27,17	25,12	8,21	46,80	54,47
	S.D.		17,49	20,91	18,27	7,56	13,92	17,72
Kontroll – L1	<i>p</i>		<0,001	<0,001	0,005	<i>0,926</i>	<i>0,688</i>	<i>0,310</i>
Lenke 2 n=12	Átlag		36,92	27,74	26,16	6,93	49,44	58,33
	S.D.		18,25	20,19	18,81	5,47	13,64	14,56
Kontroll – L2	<i>p</i>		<i>0,148</i>	0,049	<i>0,185</i>	<i>0,492</i>	<i>0,285</i>	<i>0,718</i>
Lenke 3 n=92	Átlag		28,26	20,40	20,97	11,03	44,46	53,03
	S.D.		18,09	19,15	15,88	12,01	13,21	12,95
Kontroll – L3	<i>p</i>		<0,001	<0,001	<0,001	<i>0,123</i>	<i>0,449</i>	<i>0,054</i>
Lenke 4 n=8	Átlag		33,39	23,37	23,30	10,71	47,53	55,58
	S.D.		19,94	20,00	16,90	5,18	8,78	8,44
Kontroll – L4	<i>p</i>		<i>0,060</i>	0,019	<i>0,102</i>	<i>0,318</i>	<i>0,657</i>	<i>0,707</i>
Lenke 5 n=155	Átlag		38,78	32,63	27,65	7,63	47,08	56,36
	S.D.		14,47	13,80	12,48	7,29	12,08	12,69
Kontroll – L5	<i>p</i>		0,039	0,022	0,012	<i>0,535</i>	<i>0,542</i>	<i>0,724</i>
Lenke 6 n=26	Átlag		26,52	18,48	21,11	10,06	44,65	52,94
	S.D.		16,94	19,56	11,37	10,62	15,86	14,53
Kontroll – L6	<i>p</i>		<0,001	<0,001	<0,001	<i>0,362</i>	<i>0,630</i>	<i>0,151</i>

5. táblázat: A Lenke csoportok melletti sagittalis gerincparaméterek és a kontroll csoport viszonya. L1=Lenke 1; L2=Lenke 2; L3=Lenke 3; L4=Lenke 4; L5=Lenke 5; L6=Lenke 6 főcsoport; S.D.=standard deviation.

4.4.3 A sagittalis medenceparaméterek

Az eltérő Lenke főcsoportok esetén tapasztalt medenceparaméterek átlagértékeit és szórását, valamint azoknak a kontroll csoporthoz való statisztikai viszonyát a 6. táblázat ábrázolja.

	(fok)	PT	PI	SS
Kontroll	Átlag	7,12	46,25	39,12
	S.D.	7,29	8,30	6,70
Lenke 1 n=165	Átlag	7,40	46,39	38,99
	S.D.	8,01	11,86	9,79
Kontroll – L1	<i>p</i>	<i>0,821</i>	<i>0,934</i>	<i>0,926</i>
Lenke 2 n=12	Átlag	5,20	47,45	42,25
	S.D.	7,77	13,70	10,04
Kontroll – L2	<i>p</i>	<i>0,415</i>	<i>0,690</i>	<i>0,187</i>
Lenke 3 n=92	Átlag	8,68	49,80	41,13
	S.D.	9,89	14,30	10,28
Kontroll – L3	<i>p</i>	<i>0,314</i>	<i>0,095</i>	<i>0,199</i>
Lenke 4 n=8	Átlag	6,68	49,90	43,23
	S.D.	4,47	3,73	3,12
Kontroll – L4	<i>p</i>	<i>0,866</i>	<i>0,227</i>	<i>0,095</i>
Lenke 5 n=155	Átlag	7,34	46,67	38,91
	S.D.	8,07	13,11	11,43
Kontroll – L5	<i>p</i>	<i>0,862</i>	<i>0,822</i>	<i>0,896</i>
Lenke 6 n=26	Átlag	6,99	46,29	39,51
	S.D.	6,74	11,62	7,50
Kontroll – L6	<i>p</i>	<i>0,937</i>	<i>0,913</i>	<i>0,817</i>

6. táblázat: A Lenke csoportok melletti sagittalis medenceparaméterek és a kontroll csoport viszonya. L1-6=Lenke 1-6 főcsoport; S.D.=standard deviation; PT=pelvic tilt; PI=pelvic incidence; SS=sacral slope

A statisztikai összehasonlítás eredményei szerint szignifikáns különbség a kontroll csoport és az egyes Lenke főcsoportok között nem volt kimutatható ($p=0,095-0,937$).

4.5 A sagittalis spino-pelvicus paraméterek kapcsolata

A medenceparaméterek (pelvic incidence, pelvic tilt és sacral slope) a lumbalis lordosishoz és a thoracalis kyphosishoz való kapcsolatát lineáris regresszió analízissel vizsgáltuk, az eredményeket a 7. táblázatban jelenítettük meg.

		PI		PT		SS	
		B Coef	p	B Coef	p	B Coef	p
Kontroll	TK	-0,19	0,165	-0,32	0,017	-0,11	0,409
	LL	0,28	0,035	-0,26	0,058	0,63	<0,001
AIS	TK	-0,20	<0,001	-0,21	<0,001	0,07	0,142
	LL	0,47	<0,001	0,02	0,623	0,57	<0,001

7. táblázat: Lineáris regressziós eredmények.

PI=pelvic incidence; PT=pelvic tilt; SS=sacral slope; B Coef=beta coefficient; TK=T4–T12 kyphosis; LL=L1–L5 lordosis.

A lineáris regresszió analízis eredményei szerint a kontroll csoport esetén a medence incidencia (PI) csak a lumbalis lordosissal, míg gerincferdülés esetén a háti kyphosissal is szignifikáns összefüggést mutatott. A keresztcsonti lejtés (SS) mindkét csoportnál a lumbalis lordosissal mutatott statisztikailag szignifikáns kapcsolatot, míg a háti kyphosis tőle függetlennek bizonyult. Ezzel ellentétben a medence dőlés (PT) értékénél statisztikai kapcsolat nem volt igazolható az ágyéki görbülettel, azonban érdekes módon a háti kyphosissal kapcsolat mutatkozott. Az eltérő súlyossági csoportokat külön vizsgálva nem találtunk különbséget, a kapott eredmények hasonlóan bizonyultak.

4.6 A sagittalis spino-pelvicus paraméterek etnikai különbségei

4.6.1 Etnikai különbségek gerinc betegségtől mentes (asymptomaticus) esetekben

A 8. táblázat saját (magyar) közép-európai, kaukázusi rasszba tartozó eseteink (kontroll illetve AIS melletti) eredményeit hasonlítja az irodalomban eltérő etnikumú vizsgálatok esetén publikált eredményeihez „normál”, gerincbetegségekkel nem rendelkező eseteknél.

Paraméter	etnikum	esetszám	PI	SS	PT	L1–S1 lord
Kontroll	kaukázusi	69	46,2 ± 8,3	39,1 ± 6,7	7,1 ± 7,3	57 ± 10,4
AIS	kaukázusi	458	47,3 ± 12,8	39,6 ± 10,3	7,5 ± 8,3	54,9 ± 14,8
Mac-Thiong et al. (21)	kaukázusi	341	49,1 ± 11	41,4 ± 8,2	7,7 ± 8	x
Mac-Thiong et al. (30)	kaukázusi	709	52,4 ± 10,8	39,8 ± 7,9	12,7 ± 7	x
	(nő/férfi)		52,7 ± 10	39,3 ± 8,0	13,4 ± 6,7	x
Roussouly et al. (13)	kaukázusi	160	51,9 ± 10,7	39,9 ± 8,2	11,9 ± 6,5	61,4
Zaráte-K et al. (35)	mexikói	202	56,7 ± 13,4	40,9 ± 10,6	15,8 ± 13,4	60,2
Bakouny et al. (32)	libanoni	92	52,0 ± 11,3	41,2 ± 7,9	10,8 ± 7,0	61,6 ± 9,2
Yong et al. (28)	ázsiai (kínai)	33	44,6 ± 11,5	33,3 ± 8,2	11,3 ± 10,8	49,3 ± 9,9
Zhu et al. (33)	ázsiai (kínai)	260	44,6 ± 11,2	32,5 ± 6,5	11,2 ± 7,8	48,2 ± 9,6
Lee et al. (34)	ázsia (koreai)	86	47,8 ± 9,3	36,3 ± 7,8	11,5 ± 5,3	49,6 ± 9,6

8. táblázat: Asymptomaticus eseteke sagittalis paramétereinek irodalmi összehasonlítása.

PI=pelvic incidence; SS=sacral slope; PT=pelvic tilt; lord=lordosis.

Kaukázusi rasszba tartozók vizsgálata mellett Mac-Thiong valamint Roussouly és munkatársai a medence incidencia tekintetben egyértelműen magasabb eredményeket (49,1

$\pm 11^\circ$ - $52,7 \pm 10^\circ$) tapasztaltak saját ($46,2 \pm 8,3^\circ$ – Kontroll és $47,3 \pm 12,8^\circ$ – AIS) értékeinkhez viszonyítva, szintén emelkedett medence dőlés ($7,7 \pm 8^\circ$ - $13,4 \pm 6,7^\circ$ vs. $7,1 \pm 7,3^\circ$ - $7,5 \pm 8,3^\circ$) és közel megegyező keresztcsonti lejtés ($39,3 \pm 8$ - $41,4 \pm 8,2^\circ$ vs. $39,1 \pm 6,7^\circ$ - $39,6 \pm 10,3^\circ$] értékek mellett. Mexikói esetek értékelése során Zárate-Kalfópulos és munkatársai a PI értékeiben bármely kaukázusi csoportnál magasabb ($56,7 \pm 13,4^\circ$) eredményt találtak közel megegyező SS ($40,9 \pm 10,6^\circ$), ezáltal emelkedett PT ($15,8 \pm 13,4^\circ$) mellett. Ázsiai rasszba tartozókat vizsgálva kínai csoportnál a medence incidencia eredményei alacsonyabbak ($44,6 \pm 11,2^\circ$), csökkent keresztcsonti lejtéssel ($32,5 \pm 6,5^\circ$ - $33,3 \pm 8,2^\circ$) és emelkedett medence dőléssel ($11,2 \pm 7,8^\circ$ - $11,3 \pm 10,8^\circ$), míg Lee és munkatársai ázsiai – koreai esetek mellett saját értékeinkhez nagyon hasonló incidencia értéket ($47,8 \pm 9,3^\circ$) tapasztaltak, csökkent keresztcsonti lejtés ($36,3 \pm 7,8^\circ$), és emelkedett medence dőlés ($11,5 \pm 5,3^\circ$) mellett.

4.6.2 Etnikai különbségek AIS jelenléte mellett

A saját (kaukázusi rasszba) tartozó eredményeinket más szerzők serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdüléssel rendelkező eseteknél tapasztalt értékeivel is összehasonlítottuk, melyet a 9. táblázat foglal össze.

Paraméter	etnikum	n=	PI	SS	PT	LL	TK
Kontroll	<i>kaukázusi</i>	69	$46,2 \pm 8,3$	$39,1 \pm 6,7$	$7,1 \pm 7,3$	$57 \pm 10,4$	$32,9 \pm 15,0$
AIS	<i>kaukázusi</i>	458	$47,3 \pm 12,8$	$39,6 \pm 10,3$	$7,5 \pm 8,3$	$54,9 \pm 14,8$	$24,9 \pm 15,8$
Mac-Thiong et al. (26)	<i>kaukázusi</i>	160	$57,3 \pm 10,9$	$47,8 \pm 9,3$	$9,5 \pm 8,7$	x	x
Lonner et al (36)	<i>kaukázusi (amerikai)</i>	421	52,5	42,2	10,8	59,1	22,9
Lonner et al. (36)	<i>afrikai amerikai</i>	115	56	42,5	13,9	63,6	24,7
Yong et al (28)	<i>ázsiai</i>	95	$44,2 \pm 10$	$35,1 \pm 7,9$	$9,2 \pm 8,5$	$48,5 \pm 11,2$	$15,7 \pm 9,5$
Hu et al. (37)	<i>ázsiai</i>	184	$43,1 \pm 10,1$	$37,5 \pm 8,8$	$5,5 \pm 6,9$	$55,8 \pm 12,2$	x

9. táblázat: A sagittalis paramétereinek irodalmi összehasonlítása scoliosis mellett.

PI=pelvic incidence; SS=sacral slope; PT=pelvic tilt; LL=lumbalis lordosis; Tk=thoracalis kyphosis.

Lonner és munkatársai amerikai kaukázusi esetek mellett saját eredményeiknél magasabb incidencia (52,5° vs 47,3°), keresztcsonti lejtés (42,2° vs 39,6°) és medence dőlés (10,8° vs 7,5°) értékeket tapasztaltak. Kaukázusi rassz melletti eredményeik a PI (56°) és PT (13,9°) tekintve alacsonyabbak, mint amit afro-amerikai esetek mellett észleltek. Mindezekkel ellentétben Mac-Thiong és munkatársa az általuk vizsgált kaukázusi esetek mellett még magasabb (57,3 ± 10,9°) medence incidencia eredményt tapasztaltak szintén magasabb (47,8 ± 9,3°) medence dőléssel. Ázsiai rasszba tartozóknál az asymptomaticus esetek vizsgálatával megegyezően alacsonyabb PI (43,1 ± 10,1°-44,2 ± 10°) és SS (35,1 ± 7,9°-37,5 ± 8,8°) értékek igazolódtak.

4.7 A medenceparaméterek pozíciófüggő eredményei

Az eltérő (ülő-álló) pozícióban mért medenceparaméter átlagértékeket és szórásukat, valamint páros t-próbával összehasonlított eredményeit a 10. táblázat foglalja össze.

Paraméter	Álló átlag ± S.D.	Ülő átlag ± S.D.	t-próba
PI	47,8 ± 11,5	47,7 ± 12,8	0,898
SS	39,8 ± 9,9	25,7 ± 11,9	<0,001
PT	7,9 ± 6,2	22,5 ± 13,5	<0,001

10. táblázat: Az ülő-álló medenceparaméterek.

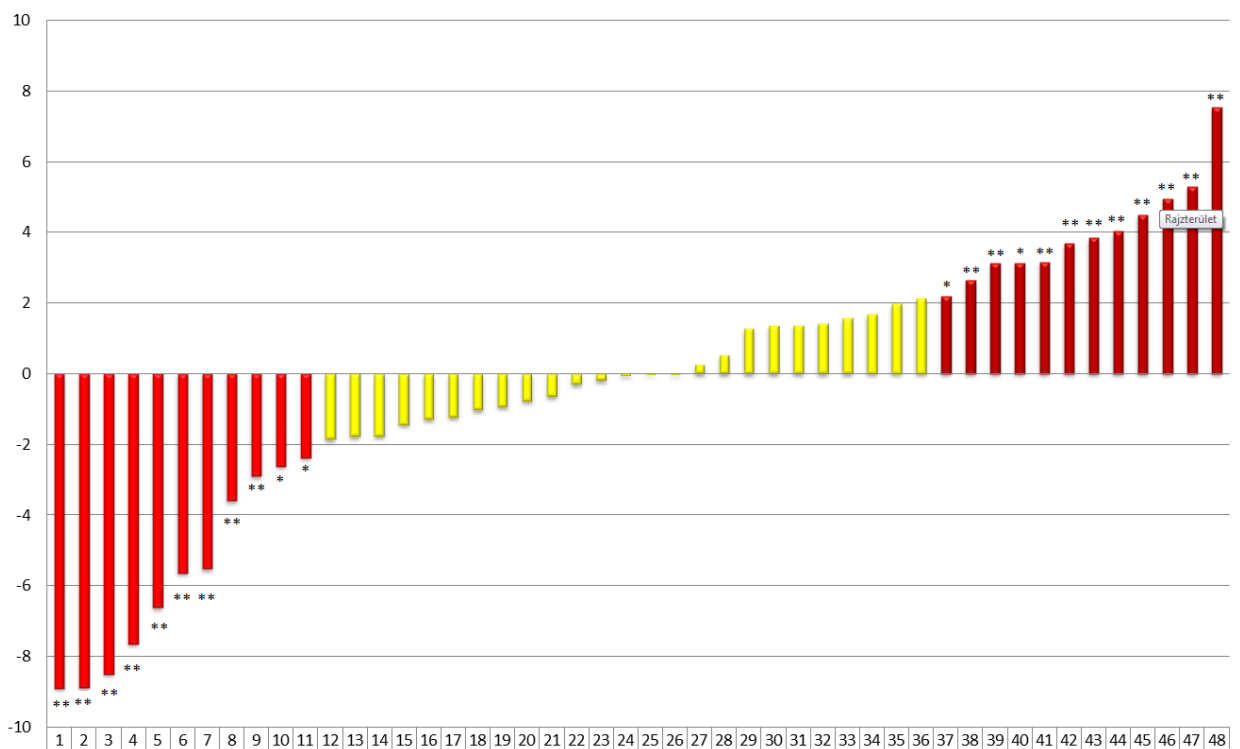
PI=pelvic incidence; SS=sacral slope; PT=pelvic tilt; S.D.= standard deviation.

A statisztikai összehasonlítás során a teljes populációra vonatkozóan a pozicionálás medence dőlés és keresztcsont lejtés különbözik szignifikánsan ($p < 0,001$), míg a pelvic incidence eltérő helyzetű átlagát tekintve statisztikai különbséget nem tapasztaltunk ($p = 0,898$).

4.7.1 A medenceparaméterek individuális pozíciófüggő különbségei

Az eltérő pozícióban mért medence incidencia eredményeket egyéenként külön-külön megvizsgálva (minden esetben az álló helyzetből az ülőt kivonva), hol csökkenést

(akár 8,6°) hol pedig növekedést (maximum 7,8°) tapasztaltunk. Az átlagos eltérés: $\pm 2,8^\circ$ -nak mutatkozott. Az egyes esetekben tapasztalt különbségeket a 13. ábra mutatja;



* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,001$

13. ábra: Az egyéni különbségek sorba téve. A sárga szín a statisztikailag nem szignifikáns, míg a piros a szignifikáns eltérést jelöli.

4.7.2 Az incidencia változás és a felsőtest helyzetének kapcsolata

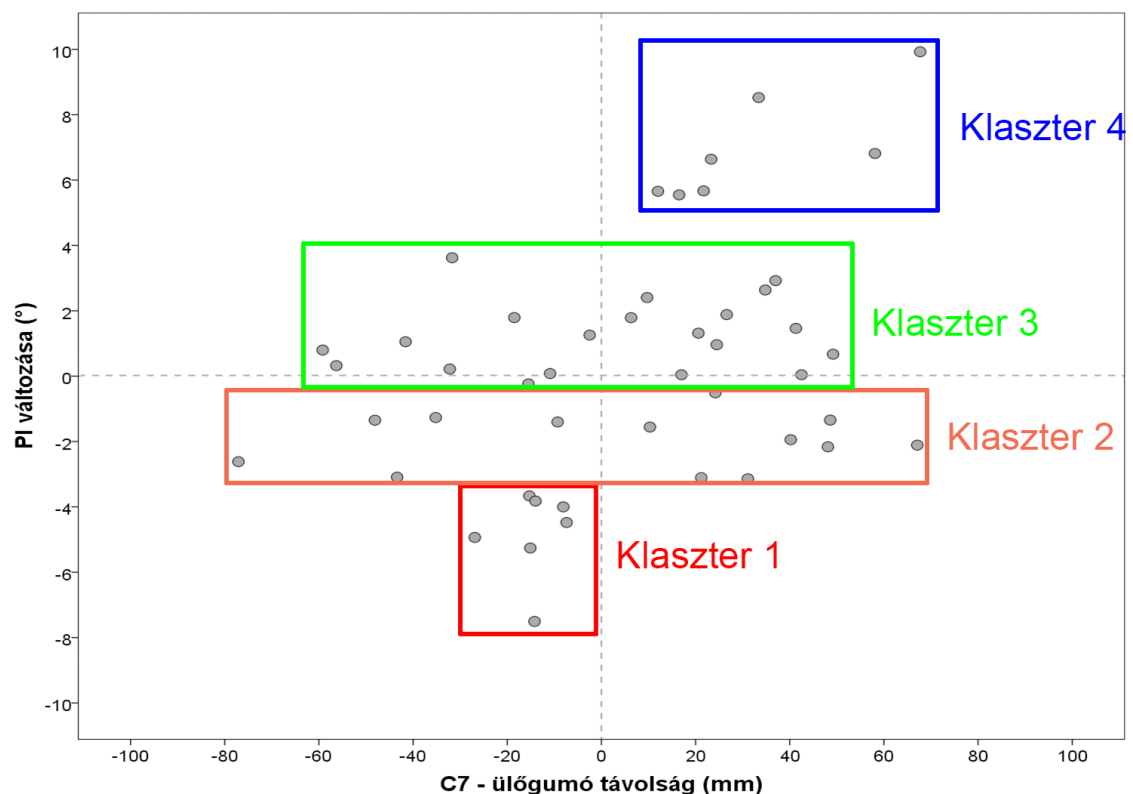
Az álló testhelyzetből való leülést követően mért incidencia értékek különbségeit és a felsőtest helyzetének kapcsolatát klaszter analízissel vizsgáltuk. A felsőtest helyzetét a C7 súlyvonalnak az ülőgumóktól mért távolságával számszerűsítettük. A klaszter analízis során kapott eredményeinket a 14. ábra mutatja.

1-es klaszterben azok az esetek találhatók, ahol jelentősebb csökkenés volt megfigyelhető a medence incidencia értékében az álló és ülő helyzet közti „váltás” során, továbbá az ülő helyzeti képen a C7 súlyvonal az ülőgumók mögött helyezkedett el, (vagyis leülést követően a felsőtest helyzetben hátrafelé dőlt, mely során a medence incidencia értéke csökkent. Ebbe a csoportba 7 eset (15%) került. 2-nél 20 fok feletti, további 2-nél 20

fok alatti Cobb-szög értékkel rendelkező gerincferdülés volt kimutatható, 3 eset pedig gerincelváltozás nélkülinek bizonyult.

4-es klaszterbe kerültek azok az esetek, ahol a felsőtest előre dőlését figyeltük meg ülő helyzetben, mely mellett a medence incidencia értékének növekedése igazolódott. Ebbe a csoportba szintén 7 eset (15%) került. 3 esetnél 20 fok feletti, további egynél 20 fok alatti Cobb-szög értékű gerincferdülés volt kimutatható, míg 3 eset gerincelváltozás nélkülinek mutatkozott.

2-es és 3-as klaszter azok az eseteket foglalta magába, ahol a PI értékeknek változása, a testhelyzet dőlésétől függetlenül nem volt szignifikáns. Ezt a két csoportot stabilnak jelöltük, így összevonhatónak tekintettük. A csoport összesen 34 esetet (70%) tartalmaz, melyek közül 13 eset rendelkezett gerincferdüléssel, mint alapbetegséggel míg, 21 gerincferdülés nélkülinek bizonyult.



14. ábra: A klaszter analízis eredményei.

A klaszter analízis során kapott csoportokat külön kezelve, mindegyiknél elvégeztük az álló és ülő helyzetben mért medence incidencia értékek páros mintás t-próbával való összehasonlítását is. Az 1-es és 4-es csoportban szignifikáns különbséget találtunk a két

helyzetben mért paraméterek között ($p < 0,001$, átlagok különbsége $4,83^\circ$ illetve $6,95^\circ$), míg az összevont, stabil csoportban (klaszter 2, 3) statisztikai eltérés nem igazolódott ($p = 0,785$, különbség $0,09^\circ$).

Összességében a vizsgált 48 eset közül 21-nél (44%) volt jelen gerincferdülés, mint alapbetegség. Amennyiben a scoliosis és a keresztcsonti ízület mobilitásának kapcsolatát értékeljük, a 14 változást mutató esetből 8-nál (57%), míg a 34 stabilnak mutató közül 13-nál (38%) tapasztaltuk az elváltozást, ami statisztikailag szignifikáns különbséget nem jelentett.

5 MEGBESZÉLÉS

5.1 A gerinc sagittalis paramétereinek vizsgálata

Jelen tudományos munka alapjául szolgáló összetett vizsgálatok során a sagittalis gerinc paraméterek közül a háti görbületek (T1–T12 kyphosis, T4–T12 kyphosis és T5–T12 kyphosis) értékei szignifikáns változást – csökkenést – mutattak mind az összesített (gerincferdüléssel rendelkező) csoport esetén, mind pedig a különböző Lenke főcsoportokra történő bontást követően. Ez a megfigyelt, a scoliosis mellett csupán a háti szakaszon jelentkező lordotikus tendencia egyezést mutat Upasani és munkatársai által tisztán háti és ágyéki görbületeken (Lenke 1 és Lenke 5) végzett összehasonlítása során tapasztaltakkal (27). Egyezik továbbá Hu-, illetve Li-, és munkatársai eredményeivel (37, 82). Mindezekkel ellentétben Mac-Thiong és munkatársai szerint ágyéki görbülettel rendelkező gerincferdülés mellett a kyphosis szignifikánsan, míg a lordosis nem szignifikánsan, de magasabb értéket mutat, mint ami a csupán háti görbülettel rendelkező eseteknél tapasztalható (26). Saját eredményeink szerint a háti, illetve a háti-ágyéki átmeneti/tisztán ágyék görbületi típusok sagittalis profilja között nem igazolódott statisztikailag szignifikáns különbség, ami szintén azonos Upasani és munkatársai tapasztalataival (27).

A lumbalis lordosist vizsgálva a kontroll és gerincferdüléssel rendelkező csoport esetén észlelt értékek statisztikailag szignifikáns különbséget nem mutatnak, illetve az eredmények függetlennek bizonyultak a deformitások frontális síkú megjelenésétől, mely szintén egyezik más szerzők eredményeivel (28).

5.2 A medence- és a gerincparaméterek kapcsolata

A medence és a gerinc egymással szoros összeköttetésben, dinamikus kapcsolatban álló rendszert alkot. A medence sagittalis paraméterei és a gerinc görbületek mértékeinek változása között felfedezhető összefüggéseket az irodalomban először Stagnara és munkatársai demonstrálták. Tapasztalataik szerint kifejezetten szoros kapcsolat figyelhető meg a lumbalis lordosis (LL) mértéke és a keresztcsonti lejtés (SS) között (7). A két paraméter

szoros kapcsolatát saját lineáris regressziós vizsgálati eredményeink szintén megerősítették ($p < 0,001$ mind kontroll mind AIS mellett). Továbbá saját eredményeink a lumbalis lordosis és a medence incidencia tekintetében is szignifikáns összefüggést ($p < 0,001$ AIS és $p < 0,05$ a gerincelváltozás nélküli, kontroll csoportnál) mutattak, hasonlóan a Kobayashi-, Legay- valamint Li-, és munkatársai által észleltekhöz (3, 17, 82).

A medenceparaméterek és a háti kyphosis mértékének kapcsolatát tekintve, tapasztalatunk szerint a kyphosis nagysága a medence dőléssel hozható kapcsolatba ($p < 0,001$ az AIS és $p < 0,05$ a kontroll csoport mellett), továbbá a gerincferdülés esetén a kontroll csoporttól eltérően a medence incidenciával is szignifikáns kapcsolat mutatkozott ($p < 0,001$), mely eredmények egyeznek Kobayashi, valamint Legaye és munkatársai által tapasztaltakkal, akik szintén igazoltak kapcsolatot a medenceparaméterek és háti kyphosis között gerincferdülés mellett (3, 17, 83).

5.3 A spino-pelvicus egység etnikai különbségei

Az irodalomban publikált, a medence sagittalis megjelenésével foglalkozó tanulmányok áttekintése során az eltérő népcsoportok spino-pelvicus paraméterei között egyértelmű és szabályos tendenciát mutató különbségek voltak felfedezhetők.

Saját vizsgálatunk eredményeink szerint, a magyar, közép-európai kaukázusi rasszba tartozó eseteknél tapasztalt medence incidencia értékek (kontroll $46,2 \pm 8,3^\circ$ AIS $47,3 \pm 12,8^\circ$) rendkívül közelítenek Weinberg és munkatársai 880 vegyes etnikumú (265 afro-amerikai, 614 kaukázusi, illetve 1 egyéb) észak-amerikai cadaver medence megvizsgálása során észlelt $46,0 \pm 11,0^\circ$ -hoz (22). Egyértelműen különböznek viszont más szerzők által szintén kaukázusi, de nem középeurópai csoport feldolgozása során tapasztaltaktól. Mac-Thiong és munkatársai 341 kanadai, kaukázusi rasszba tartozó, asymptomaticus estnél $49,1 \pm 11,0^\circ$ -ot tapasztaltak, míg másik, 709 szintén asymptomaticus eset feldolgozása során, még magasabb, (nőknél $52,4 \pm 10,8^\circ$, férfiaknál $52,7 \pm 10^\circ$) értékeket publikáltak, emelkedett lumbalis lordosis értékek mellett (21, 30). Eredményeik hasonlóak Roussouly és munkatársai 160, illetve másik, 153 francia, szintén gerincelváltozás nélküli páciens feldolgozása mellett tapasztalt $50,9 \pm 10^\circ$ - $51,9 \pm 10,7^\circ$ -os incidencia értékekhez (13, 31), némiképp alacsonyabbak azonban mint Bakouny és munkatársai által 92 fős libanoni asymptomaticus eset vizsgálata során észlelt $52,0 \pm 11,3^\circ$.

Saját medenceparaméter, illetve lumbalis lordosis eredményeink a kontroll és scolioticus csoport esetén közel azonosnak bizonyultak, míg Mac-Thiong és munkatársai 160 kaukázusi serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdüléssel rendelkező eset feldolgozása mellett jelentősen magasabb $57,3 \pm 10,9^\circ$ -os értéket igazoltak (26).

Zarate-Kalfopuos és munkatársai 202 egészséges mexikói önkéntest hasonlított az irodalomban tapasztalt kaukázusi és ázsiai értékekhez. Tapasztalataik szerint a mexikói csoportnál egyértelműen magasabb medence incidencia ($56,7 \pm 13,4^\circ$) és medencedőlés ($15,8 \pm 13,4^\circ$) igazolódott, mint kaukázusi csoportnál, továbbá minden paraméter szignifikánsan magasabb, mint ami az ázsiai rasszba tartozó esetek vizsgálata során mutatkozott. Mexikói mesztic alcsoportot külön nézve viszont csak a keresztcsonti lejtés bizonyult szignifikánsan különbözőnek (35).

A publikációk szerint az ázsiai rasszba tartozó csoportok vizsgálata mellett mutatkoztak a legalacsonyabb medence incidencia és medence dőlés értékek. Yong-, Hu-, valamint Zhu és munkatársai az incidencia tekintetében $43,1 \pm 10,1^\circ$ - $44,6^\circ \pm 11,3$ közötti értékeket találtak szignifikánsan csökkent keresztcsonti lejtés ($32,5 \pm 6,5^\circ$ - $37,5 \pm 8,8^\circ$) mellett, miközben, saját eredményeinkhez nagyon hasonlóan, az asymptomaticus és scolioticus esetek összevetése során az eredmények egymáshoz nagyon közelinek mutatkoztak (28, 33, 37). Lee és munkatársai 86 koreai gerincelváltozás nélküli páciens vizsgálatánál a kínai esteknél tapasztaltakhoz némiképp magasabb, így saját értékeinkkel közel megegyező medence incidencia eredményeket ($47,8 \pm 9,3^\circ$) találtak csökkent keresztcsonti lejtést ($36,3 \pm 7,8^\circ$) és emelkedett medencedőlés ($11,5 \pm 5,3^\circ$) mellett (34).

Lonner és munkatársai 421 kaukázusi rasszba tartozó amerikai és 115 afrikai amerikai scoliossal rendelkező eset összehasonlítása során Mac-Thiong értékeihez közeli, de saját eredményeinknél lényegesen magasabb eredményeket tapasztaltak. Az általuk vizsgált két csoport közül az afro-amerikai rasszba tartozók esetén egyértelműen magasabb értékek mutatkoztak mind a medence incidencia $56,0^\circ$ (afro-amerikai) vs. $52,5^\circ$ (kaukázusi - amerikai), mind pedig medence dőlés: $13,9^\circ$ vs. $10,8^\circ$ esetén, míg érdekes módon a keresztcsont lejtés hasonlóan bizonyult $42,5^\circ$ vs. $42,2^\circ$ (36). A Lonner és munkatársai által a kaukázusi rasszhoz viszonyított afro-amerikaiaknál tapasztalt szignifikáns növekedést Weinberg és munkatársai cadavereken végzett vizsgálatuk során szintén hasonlóan találták (22).

A keresztcsonti lejtés (SS) eredményeit tekintve azok (kontroll $39,1 \pm 6,7^\circ$ és AIS $39,6 \pm 10,3^\circ$) nagyon közelinek mutatkoztak Mac-Thiong valamint Roussouly és munkatársai

gerincelváltozás nélküli eseteknél tapasztalt értékeihez (39,3-41,4°), de egyértelműen alacsonyabbak, mint a gerincferdülés mellett tapasztaltak (47,8°), míg a medencedőlés értékei ezáltal jelentősen emelkedettebbek (13, 21, 26, 30).

Az eltérő népcsoportok sagittalis spino-pelvicus megjelenése tehát nem egységes függetlenül attól, hogy a vizsgált populáció gerincferdüléssel rendelkezett vagy sem, így az észlelt különbség háttérében a populációk közti antropometriai különbségek, mintsem a gerincelváltozások következményes hatása állhat.

5.4 A medenceparaméterek változásával kapcsolatos vizsgálatok

5.4.1 A medenceparaméterek megváltozásának ismert okai

A növekedés során a gerincoszlop és a medence fejlődésével, a teljes medence-gerinc egység megjelenése, ezáltal az „alkotóelemek” egymáshoz való viszonya is jelentősen megváltozik. A vizsgálatok során az eltérő életkorban mért medenceparaméterek jól dokumentáltan változnak a csecsemőkortól a gyermekkoron át egészen a serdülő, illetve felnőtt korig (16, 20, 21). A növekedés során észlelt fiziológiás spino-pelvicus adaptáción túl egyes szerzők megfigyelései szerint gerincbetegséggel rendelkezők medence paraméterei is szignifikánsan eltérnek gerincbetegségtől mentes kontroll csoporttal való összehasonlítás során. Spondylolisthesisben szenvedőket összefoglaló csoportnál a keresztcsont helyzete jobban „előre billent”, ezáltal a vizsgálatok a medence incidencia, valamint a keresztcsonti lejtés (következésképpen ágyéki lordosis tekintetében is) szignifikánsan magasabb értékeket igazoltak, míg a háti kyphosis csökkentnek bizonyult (9, 23). Porckorong károsodással járó eseteknél a megfigyelések a PI-t a normálhoz nagyon közelinek, illetve enyhén csökkentnek találták, melyhez következményesen csökkent lordosist, így kevésbé hangsúlyos gerincgörcsöket, „laposabb” gerincet eredményez (9, 13). Mindezeket túl egyes szerzők ismeretlen eredetű gerincferdülés mellett is szignifikáns eltérést tapasztaltak (13, 21, 26, 30).

5.4.2 A gerincferdülés mellett tapasztalt medenceparaméterek

Jelen tudományos munka alapjául szolgáló vizsgálatok során a gerincferdüléssel rendelkező csoport és a kontrollként használt, gerincdeformitásoktól mentes esetek medenceparaméter értékei között statisztikailag szignifikáns különbség nem mutatkozott. Az

eredmények a 458 serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdüléssel rendelkező eset összesített értékein túl, a Lenke féle klasszifikáció szerinti görbületi altípusokra való lebontást követően is azonosnak bizonyultak. Ez a csoportok közti statisztikailag szignifikáns kapcsolati hiány pedig megegyezik Legaye-, illetve Yong és munkatársai megfigyeléseivel (3, 28, 83). Mindezekkel ellentétben más szerzők szerint, mint Upasani és munkatársai, valamint Mac-Thiong és munkatársai, a gerincferdülés melletti medenceparaméterek szignifikánsan különböznek (magasabbak) a gerincbetegséggel nem rendelkező populációhoz viszonyítva (26, 27). Véleményük szerint az észlelt különbségek hátterében valószínűsíthető, hogy olyan következményesen megjelenő kompenzáló hatás állhat, mely során a szervezet a medence helyzetének változtatásával mintegy változtatni (növelni) próbálja az ágyéki görbületek mértékét is, hogy így stabilizálja a test egyensúlyát. Az említett hatás pedig leginkább a háti görbülettel rendelkező scoliosis esetén jelentkezik. Továbbá Upasani és munkatársai azt is felvetették, hogy a medence helyzetének változása, (így az emelkedett PI értékek) önmagában is rizikó faktorként szerepelhetnek a scoliosis kialakulásában (27). Ez alapján felmerülhet egy olyan teória is, hogy előbb jelenik meg a medencében észlelt változás, mint a gerincferdülés, így az nem a scoliosis miatt alakul ki másodlagos módon. Ez utóbbi felvetésnek ellentmondanak Stagnara és munkatársai által tapasztaltak. Szerintük a medence incidencia értékének nem lehet jelentős befolyásoló szerepe a görbületek kialakításában (7). Ezt a feltevés, hogy a gerincferdülés mégsem rendelkezik kimutatható befolyásoló hatással a medencére, saját vizsgálati eredményeink is alátámasztani látszanak.

5.5 A medence incidencia és a testhelyzet kapcsolata

5.5.1 A medence incidencia megváltozásának lehetőségei

Korábban a Pécsi Ortopédiai Klinikán végzett célzott fizikális vizsgálatok során, bizonyos esetekben felmerült annak gyanúja, hogy egyes eseteknél a medencében (sacroiliacalis ízületben) mobilitás tapasztalható, mely jelenség akár összefüggésbe hozható bizonyos gerinc körüli panaszokkal, betegségekkel. Az ezt követő irodalmi áttekintése során azt tapasztaltuk, hogy korábban már több vizsgálat is felvetette a lehetőséget, hogy a medence megjelenését legjobban jellemző és definíciója szerint állandó medence incidencia, bizonyos speciális helyzetekben mégis mutathat változást. Ennek hátterét pedig az a

potenciális lehetőség jelentheti, hogy az amúgy szoros kapcsolatban lévő sacrum és ileum közti sacroiliacalis ízületben néhány esetben mégsem csak mikro mozgások jöhetnek létre.

Az irodalom áttekintése során a medenceparaméterek pozíció függő változásával kapcsolatban viszonylag kevés információt találtunk. Korábban Testut és Latarjet felvetette a keresztcsonti ízületek késői elcsontosodási lehetőségét, mely során a medencére ható folyamatos biomechanikai kényszer azt szabadon deformálhatja akár 20 éves korig (84). A sacroiliacalis ízület mozgékonyásával a későbbiekben Legaye és munkatársa is foglalkoztak, de ők annak mértékét elhanyagolhatónak értékelték (83). Vizsgálatok igazolták továbbá, hogy olyan speciális állapotban mint a várandósság, már más a helyzet. Ismert tény, hogy a terhesség során létrejön egy a hormonális változások miatt megnövekedett szalaglazaság és egy megváltozott biomechanikai állapot, ami a keresztcsont ízületeinek mozgékonyágának fokozódását is okozza. A terhesség esetén nagy százalékban megjelenő medenceövi fájdalom hátterét kutató tanulmányok közül több is összefüggésbe hozta a derékpanaszokat a medencében megjelenő kimutathatóan fokozott mozgásokkal (85, 86).

5.5.2 Az incidencia és a medence pozíció kapcsolatának jelentősége

A korábbiak alapján felmerült tehát a kérdés, hogy bizonyos gerincbetegségek melletti állapotok kompenzációjában, azok kialakulásában, illetve egyes derék környéki panaszok hátterében akár szerepe lehet a vizsgálataink során kimutatott sacroiliacalis ízületben detektálható mobilitási lehetőségnek. A felvetés hitelességének továbbá alapot adhat az a megfigyelés is, hogy az irodalomban a gerincbetegségek, többek között az ismeretlen eredetű serdülőkori gerincferdülés, mellett végzett vizsgálatok a kontrollként használt csoporttól eltérő medenceparaméter értékeket tapasztalt. A kimutatott különbségek hátterében pedig nem tisztázott, hogy azok a betegséggel összefüggésben lassan alakultak ki vagy egy dinamikus fennálló komponens részeként „fennálló mobilitásként” mintegy „azonnal” jelentek meg, esetleg a két hatás együttesen érvényesült. Az ismertettek alapján joggal merül fel a lehetőség, hogy a medence alkalmazkodhat a megváltozott állapothoz, és a keresztcsonti ízületi mozgásnak kapcsolata lehet a deformitások kialakulásában. Azonban fontos megismételni azt a tényt, hogy jelen vizsgálatban tapasztaltak szerint bár individuális esetekben igazolható különbség, a teljes vizsgálati csoport tekintetében a kontroll és gerincferdüléssel rendelkező esetek összesített medenceparaméter értékei statisztikailag nem különböznek, mely megfigyelés a felvetett elméletnek ellentmondani látszik.

5.5.3 Az incidenica és a medence pozícióváltozásának lehetősége

Jelen tudományos munka alapját adó kutatás során a célzottan a medenceparaméterek változására irányuló vizsgálatunk eredményeiben (mely összehasonlításba csak olyan esetek kerültek bevonásba, ahol előzetesen az ambuláns fizikális vizsgálat során felmerült annak lehetősége, hogy a sacroiliacalis ízületben elmozdulási lehetőség állhat fenn) a medenceparaméterek összesített értékeit tekintve a pozicionálást medencedőlést, és keresztcsonti lejtést leszámítva a medence incidencia esetén szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható. A kapott eredmények pedig arra utalhatnak, hogy a keresztcsonti mozgás valóban elhanyagolható lehet. Mindezen túl azonban megfigyeltük azt a jelenséget, hogy amennyiben az eredményeket egyénekre lebontva külön-külön vizsgáljuk, bizonyos esetekben már jelentős pozíciófüggő eltérések észlelhetők, a különbségek pedig hol negatív, hol pedig pozitív irányba mutattak (minden esetről az állóból vontuk ki az ülő helyzetben mért értéket), abszolút értékük azonban egyenlő. Ennek, a mindkét irányba mutató egyenlő számú és közel egyenlő mértékű változásnak oka egyelőre ismeretlen, feltételezzük, hogy az a véletlennek tudható be.

További fontos észrevétel, hogy a vizsgált 48 eset közül, bár mindnél fizikálisan felmerült a keresztcsonti mobilitás, azt az alkalmazott nagy pontosságú radiológiai módszerrel csupán csak az esetek 30%-ban tudtuk igazolni.

5.5.4 A keresztcsonti mobilitás és a gerincferdülés kapcsolata

A medenceparaméter változását érékelő vizsgálatunkba bevont 48 eset közül 21 rendelkezett gerincferdüléssel, mely 44%-os előfordulást jelentett. Az eredményeket tekintve a mobilitást mutató 14 esetből 8-nál (57 %), míg stabilnak mutató 34 közül 13-nál (38 %) volt jelen a scoliosis, ami a két csoport között szignifikáns különbséget nem jelentett. Így az észlelt mobilitási lehetőséget és a gerincferdülést, mint alapbetegséget egyértelműen összefüggésbe hozni nem tudtuk.

5.5.5 A keresztcsonti ízület mobilitásának lehetséges okai

A vizsgálatunk során tapasztalt keresztcsonti ízületi mobilitás háttérében összetett élettani folyamatok jelenléte valószínűsíthető. Többek között ilyenek lehetnek bizonyos hormonális faktorok, hasonlóan a várandóssághoz. A feldolgozott 48 esetről várandósság,

illetve annak gyanúja nem állt fenn, de egyéb eredetű hormonális változással kapcsolatos információkkal nem rendelkezünk, így azt kizárni sem tudtuk. A keresztcsonti mobilitásban szerepe lehet többek között bizonyos biomechanikai eltéréseknek, testsúlyváltozásnak, szalagrendszer és csontszerkezetet érintő egyéni különbségeknek. A vizsgálatba bevont esetek továbbá derékpanaszokkal is rendelkeztek, ez alapján feltételezhető, hogy keresztcsonti ízület környéki mozgások és az ágyéki gerinc fájdalom között is kapcsolat vonható, bár ezt az összefüggést, megfelelő kontroll csoport hiányában, egyértelműen bizonyítani nem tudtuk.

5.6 A sagittalis spino-pelvicus profil ismeretének jelentősége

Vizsgálataink eredményeit összegezve a serdülőkori ismertelen eredetű gerincferdüléssel rendelkező eseteknél a hasonló frontális megjelenéssel rendelkező görbületek melletti sagittalis síkú kép nem mutatott egységes megjelenést, illetve előfordult, hogy eltérő frontális profil hasonló sagittalis profilt adott. Ezek alapján kimondható, hogy a térbeli görbületek csupán frontális képéből a nyíl irányú profilra vonatkozóan (és fordítva) egyértelmű következtetést levonni nem lehet. A tapasztalatok egyezést mutatnak Hu és munkatársai által észleltekkkel, miszerint a frontális síkban észlelt elváltozás limitált hatással van a nyíl irányú megjelenésre, a csoportok közötti eltérés pedig leginkább a kyphosis esetén jelentkezik (37).

Ismert tény, hogy bár jelentős individuális különbségek figyelhetők meg, mégis az egyes népcsoportok spino-pelvicus megjelenése egyértelműen eltérő, így egy adott eset értékelése, kezelésének megtervezése és vezetése közben segítséget jelenthet az adott népcsoport, rassz jellegzetességeinek ismerete.

Mind a gerincferdülés konzervatív kezelése, mind pedig a műtéti korrekciója során törekedni kell a frontális síkban kialakult görbület csökkentése mellett a csigolyarotációk helyreállítására, valamint a megfelelő sagittalis irányú egyensúly (harmonikus sagittalis profil) megtartására, illetve helyreállítására is. A beavatkozások során a nyíl irányú egyensúly egységében ejtett hiba jelentős szerepet játszhat a degeneratív károsodások korai megjelenésében, mely elváltozások a műtéteket követően elsősorban a szomszédos, fúzió nélküli szakaszon lévő mozgó szegmentumokban alakulhatnak ki, úgynevezett szomszédos

szegmentum szindróma formájában, leginkább a caudalis részen. A kialakulásuk fő oka a még mozgó szegmentumok túlterhelése, ami a kisízületek és a discusok korai degenerációját eredményezheti. A műtéti területtől cranialisan lévő szomszédos szegmentumoknál jelentkező proximalis junkcionalis kyphosis (PJK) is a rosszul beállított sagittalis balansz következményeként alakul ki. Megjelenése a deformitás korrekciókat követően hozzávetőlegesen 20%-ot is elérheti, bár többségében tünetmentes. Okaként különböző szerzők a rigid transpedicularis csavaros rögzítést, valamint a sagittalis hypokyphosist jelölik meg (87).

5.7 Vizsgálataink korlátai

Jelen tudományos munka alapjául szolgáló, a gerincferdülés melletti spino-pelvicus profilt értékelő vizsgálatok eredményeit limitálja, a Lenke 2; Lenke 4; és Lenke 6 főcsoport ténylegesen alacsony esetszáma, mely potenciális oka lehet a csak ezeknél a csoportoknál tapasztalt statisztikai eredménynek. A kontroll és a teljes gerincferdüléssel rendelkező csoport összehasonlítására elvi befolyással lehet továbbá a kontroll csoport relatív alacsony száma, valamint az eltérő nemi aránya.

A vizsgálati eredményeinkre további elvi befolyásoló hatással lehet az alkalmazott képalkotási beállítás, mely során az egyik láb kis mértékben előre helyezett pozícióban van. Ez a beállítás a készülék kezelési útmutatójában meghatározott és a rekonstrukció során (főleg az alsó végtagok esetén) segít a referencia pontok azonosításba. A gerinc és medence helyzetére, megjelenésére ismert befolyással nem rendelkezne, de azt biztosan kizárni sem tudjuk.

A medenceparaméterek pozíciófüggő vizsgálatával kapcsolatos eredményeinkre szintén kihatással lehet a kis esetszám, valamint a nem homogén betegcsoport használata (mind gerincelváltozással rendelkező, mind a nélküli esetek is feldolgozásra kerültek). Az itt tapasztalt mobilitás tényleges és pontos igazolásához további vizsgálatok szükségesek, de ilyen prospektív röntgen képalkotás (ionizáló sugárzás) alapú vizsgálat, még olyan alacsony sugárterhelésű eszköz mint az EOS 2D/3D mellett is mindenképp további etikai kérdéseket vet fel.

5.8 További, a tudományos munka témájához kapcsolódó vizsgálati lehetőségek

A már elkészített, zömmel ismeretlen eredetű serdülőkori gerincferdüléssel rendelkező esetek 3D rekonstrukcióit és összetett térbeli paramétereit összefoglaló adatbázis mind önmagában, mind pedig további estekkel való (célzott) kiegészítésével, a jövőben további összetett vizsgálatok kiindulási alapjául szolgálhatnak.

A medenceparaméterek testhelyzetfüggő változásával kapcsolatban tapasztaltak tényleges és pontos igazolására (a megfelelő etikai engedélyek birtokában) további, célzott, prospekítv vizsgálatokat tervezünk, a keresztcsonti ízület mobilitásával kapcsolatos jelenség pontos igazolásához és megértéséhez, nagyobb esetszámnál és több különböző, homogén vizsgálati csoportoknál. A vizsgálatok során tervezzük a nem csak két (standard álló valamint ülő) pozíció alkalmazását, hanem többes, a test nyíl irányú egyensúlyának célzott változtatása során, például a felsőtest kontrollált előre és hátra történő hajlításakor létrejövő beállítás használatát.

6 Következtetések

Az EOS 2D/3D képalkotó rendszerrel és a hozzá kapcsolt rekonstruáló software segítségével fiziológias (álló) testhelyzetben, összetett egységként vizsgálható a spino-pelvicus komplex. Az eszköz használatával lehetőség nyílt arra, hogy a műtétileg már hosszú évek óta térben korrigált elváltozásokat (mint a scoliosis), a korábban rutinszerűen csak két dimenzióban való vizualizáció helyett, immár valóban térben vizsgálhassuk, egy bizonyítottan nagy pontosságú és alacsony sugárterhelésű eszközzel.

Eredményeink megerősítették azt a felvetést, hogy a gerincferdüléssel rendelkező esetek sagittalis képe nem szabályos. Az elváltozás frontális síkban való megjelenéséből a nyíl irányú képre vonatkozó egyértelmű információt levonni nem lehet, így a két irány minden esetben egymástól függetlenül, külön értékelendő.

A scoliosis, mely a gerincet a tér mindhárom síkját érintve változtatja meg, a sagittalis spino-pelvicus egység tekintetében szignifikáns befolyással csak a háti szakaszra, a thoracalis kyphosis paramétereire rendelkezik.

Eredményeink alátámasztják továbbá azt a korábbi felvetést, hogy a manapság rutinszerűen alkalmazott scoliosis klasszifikációs rendszerek (mint a Lenke klasszifikáció) a sagittalis megjelenés vonatkozásában nem adnak megfelelő támpontot. A térbeli diagnosztikai eszközök fejlődésével pedig erősödik az igény egy új, három dimenziót is figyelembe vevő klasszifikációs rendszer felállításra, melyhez jelen tudományos munka nagy esetszámon alapuló eredményei felhasználhatók.

Ismert, hogy bár jelentős individuális különbségek fedezhetők fel az egyes esetek spino-pelvicus paraméter értékei között, mégis az eltérő etnikumú csoportok sagittalis profilja egyértelmű különbségeket mutat, melyek nagyjából a populációs eltérésekből adódó variációk, mint a gerincelváltozásoknak a medencére kifejtett hatásának következményei. Általunk végzett egyedülállóan nagy esetszámú vizsgálataink során felállították a közép-európai kaukázusi népcsoport részletes sagittalis profilját, az ismeretlen eredetű gerincferdülés, illetve azok frontális görbületi fő típusok szerinti megoszlásának tekintetében.

Nóvumnak tekinthető a medence mobilitásával kapcsolatos vizsgálatunk megfigyelése, mely alapján felvetődik, hogy a populáció egy kisebb részében fennállhat a keresztcsonti ízület fokozott mobilitása, mely összefüggést mutathat a medence-gerinc

egységet érintő elváltozásokkal, illetve az ismeretlen eredetű derékfájdalommal is. Kiemelendő azonban, hogy az észlelt keresztcsonti mobilitás egyértelmű okát és kapcsolatrendszerét – részben a megfelelő kontroll csoport hiányában – jelenleg még bizonyítani nem tudtuk, ahhoz a jövőben további vizsgálatok szükségesek.

7 A tudományos értekezés új eredményei és megállapításai

- Magyarországon elsőként végeztünk összetett a spino-pelvicus egységet térbeli rekonstrukció alapján értékelő vizsgálatot serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdülés mellett, melyhez az EOS 2D/3D diagnosztikai eszközt alkalmaztuk.
- Meghatároztuk a hazai, közép-európai kaukázusi rasszba tartozó populáció sagittalis spino-pelvicus profilját a serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdülésre fókuszálva.
- A nagy esetszám feldolgozása során kapott eredmények, magyar viszonylatban egyedülállóak, valamint nemzetközi viszonylatban is kiemelkedő jelentőséggel bírnak, ezáltal referencia értéként kezelhetők. Eredményeinket az irodalomban más szerzők vizsgálatai során publikáltakkal összevetettük, illetve azok hasonló vizsgálatra a későbbiekben is felhasználhatók.
- A gerincferdülés melletti sagittalis spino-pelvicus profil és a frontális görbületi megjelenés összefüggéseink térbeli rekonstrukció alapú vizsgálatai során bizonyítottuk, hogy a frontális és a sagittalis kép között következményes kapcsolat nincs, így csupán egy irányt nézve a másikra vonatkozóan helytálló következtetéseket levonni nem lehet.
- Bizonyítottuk hogy a serdülőkori ismeretlen eredetű gerincferdülés, ami a gerincet a tér mindhárom síkjában megváltoztatja, a sagittalis profil tekintetében szignifikáns hatással csak a háti kyphosusra rendelkezik, az ágyéki lordosist vagy a medence megjelenést nem módosítja.
- Vizsgálati eredményeink alapján felmerült annak lehetősége, hogy a jelenleg alkalmazott scoliosis klasszifikációs rendszerek, az új háromdimenziós vizualizációs lehetőségek mellett már nem teljesen helytállóak.
- Korábban az irodalomban más szerzők már felvetették a keresztcsonti ízület mobilitási lehetőségét, de az általuk használt konvencionális képalkotások során tapasztalt eredmények alapján azt elhanyagolhatónak véleményezték. Saját, bizonyítottan nagy pontosságú eszközzel, az EOS 2D/3D készülékkel végzett mérések eredményeire alapozva feltételezzük, hogy néhány esetben mégis kimutatható bizonyos mozgás a keresztcsonti ízületben.

- Az észlelt keresztcsonti mobilitás és a gerincet érintő elváltozások között egyértelmű kapcsolatot igazolni nem tudtunk, mely alapján feltételezzük, hogy azt nem a gerincferdülés okozza. A jelenség pontos háttere azonban még felderítésre vár, mellyel kapcsolatban a későbbiekben további célzott vizsgálatok elvégzését tervezzük.

8 Irodalomjegyzék

1. Weinstein SL. The Pediatric spine: principles and practice. New York: Raven Press; 1994.
2. Louis R. Chirurgie du rachis: anatomie chirurgicale et voies d'abord. Berlin; New York: Springer-Verlag; 1982. xvii, 328pp.
3. Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J.* 1998;7(2):99-103.
4. Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P. A barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng.* 1992;20(4):451-62.
5. Roaf R. Vertebral growth and its mechanical control. *J Bone Joint Surg Br.* 1960;42-B:40-59.
6. Sturm PF, Dobson JC, Armstrong GW. The surgical management of Scheuermann's disease. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(6):685-91.
7. Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J, et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1982;7(4):335-42.
8. Bernhardt M, Bridwell KH. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine (Phila Pa 1976).* 1989;14(7):717-21.
9. Barrey C, Jund J, Nosedá O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J.* 2007;16(9):1459-67.
10. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, Benaim C, Mouilleseaux B, Marty C, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J.* 2006;15(4):415-22.
11. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:609-18.

12. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(2):260-7.
13. 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 (Phila Pa 1976).* 2005;30(3):346-53.
14. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *J Spinal Disord Tech.* 2005;18(1):40-7.
15. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:578-85.
16. Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR, Betz RR, Labelle H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(15):1642-7.
17. Kobayashi T, Atsuta Y, Matsuno T, Takeda N. A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(6):671-6.
18. Clément JL, Geoffray A, Yagoubi F, Chau E, Solla F, Oborocianu I, et al. Relationship between thoracic hypokyphosis, lumbar lordosis and sagittal pelvic parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2013;22(11):2414-20.
19. de Jonge T. A gerinc sagittalis görbületi deformitásainak műtéti kezelése, különös tekintettel a scoliosishoz társuló sagittalis elváltozásokra. Doktori (PhD) értekezés. Pécs; 2001.
20. Mangione P, Gomez D, Senegas J. Study of the course of the incidence angle during growth. *Eur Spine J.* 1997;6(3):163-7.
21. Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthonnaud E, Betz RR, Roussouly P. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *Eur Spine J.* 2007;16(2):227-34.
22. Weinberg DS, Morris WZ, Gebhart JJ, Liu RW. Pelvic incidence: an anatomic investigation of 880 cadaveric specimens. *Eur Spine J.* 2016;25(11):3589-95.
23. Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, Transfeldt E, O'Brien M, Chopin D, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(18):2049-54.

24. Marty C, Boisaubert B, Descamps H, Montigny JP, Hecquet J, Legaye J, et al. The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients. *Eur Spine J.* 2002;11(2):119-25.
25. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J.* 2002;11(1):80-7.
26. Mac-Thiong JM, Labelle H, Charlebois M, Huot MP, de Guise JA. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adolescent idiopathic scoliosis according to the coronal curve type. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(13):1404-9.
27. Upasani VV, Tis J, Bastrom T, Pawelek J, Marks M, Lonner B, et al. Analysis of sagittal alignment in thoracic and thoracolumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis: how do these two curve types differ? *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(12):1355-9.
28. Yong Q, Zhen L, Zezhang Z, Bangping Q, Feng Z, Tao W, et al. Comparison of sagittal spinopelvic alignment in Chinese adolescents with and without idiopathic thoracic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(12):714-20.
29. Vrtovec T, Janssen MM, Likar B, Castelein RM, Viergever MA, Pernuš F. A review of methods for evaluating the quantitative parameters of sagittal pelvic alignment. *Spine J.* 2012;22(5):433-46.
30. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(22):1193-8.
31. Roussouly P, Gollogly S, Nosedà O, Berthonnaud E, Dimnet J. The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(11):320-5.
32. Bakouny Z, Assi A, Yared F, Bizdikian AJ, Otayek J, Nacouzi R, et al. Normative spino-pelvic sagittal alignment of Lebanese asymptomatic adults: Comparisons with different ethnicities. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(5):557-64.
33. Zhu Z, Xu L, Zhu F, Jiang L, Wang Z, Liu Z, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in Chinese populations. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39(1):1-6.

34. Lee CS, Chung SS, Kang KC, Park SJ, Shin SK. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(25):1648-54.
35. Zárate-Kalfópulos B, Romero-Vargas S, Otero-Cámara E, Correa VC, Reyes-Sánchez A. Differences in pelvic parameters among Mexican, Caucasian, and Asian populations. *J Neurosurg Spine*. 2012;16(5):516-9.
36. Lonner BS, Auerbach JD, Sponseller P, Rajadhyaksha AD, Newton PO. Variations in pelvic and other sagittal spinal parameters as a function of race in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(10):374-7.
37. Hu P, Yu M, Liu X, Zhu B, Liu Z. Analysis of the relationship between coronal and sagittal deformities in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2016;25(2):409-16.
38. Yang S, Andras LM, Redding GJ, Skaggs DL. Early-Onset Scoliosis: A Review of History, Current Treatment, and Future Directions. *Pediatrics*. 2016;137(1).
39. Cobb J. R. Outline for the study of scoliosis. *The American Academy of Orthopaedics Surgeons, Instructional Course Lectures*. 1948;5:261–75.
40. Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, Danielsson AJ, Dobbs MB, Grivas TB, et al. Adolescent idiopathic scoliosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2015;1:15030.
41. Roach JW. Adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am*. 1999;30(3):353-65.
42. Adams W. *Lectures on the pathology and treatment of lateral and other forms of curvature of the spine*. London. John Churchill and Sons; 1865.
43. Somerville EW. Rotational lordosis; the development of single curve. *J Bone Joint Surg Br*. 1952;34(3):421-7.
44. Deacon P, Flood BM, Dickson RA. Idiopathic scoliosis in three dimensions. A radiographic and morphometric analysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1984;66(4):509-12.
45. Perdriolle R, Vidal J. Morphology of scoliosis: three-dimensional evolution. *Orthopedics*. 1987;10(6):909-15.
46. de Jonge T, Dubousset JF, Illés T. Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(7):754-60.
47. Charpak G. [Prospects for the use in medicine of new detectors of ionizing radiation]. *Bull Acad Natl Med*. 1996;180(1):161-8; discussion 8-9.

48. Charpak G, Bouclier R, Bressani T, Favier J, Zupančič C. The use of multiwire proportional counters to select and localize charged particles. *Nuclear Instruments and Methods*. 1968;62:262-268
49. Lazennec JY, Brusson A, Rousseau MA. Lumbar-pelvic-femoral balance on sitting and standing lateral radiographs. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(1):87-103.
50. Loppini M, Longo UG, Ragucci P, Trenti N, Balzarini L, Grappiolo G. Analysis of the Pelvic Functional Orientation in the Sagittal Plane: A Radiographic Study With EOS 2D/3D Technology. *J Arthroplasty*. 2017;32(3):1027-32.
51. Bendaya S, Anglin C, Lazennec JY, Allena R, Thoumie P, Skalli W. Good vs Poor Results After Total Hip Arthroplasty: An Analysis Method Using Implant and Anatomic Parameters With the EOS Imaging System. *J Arthroplasty*. 2016;31(9):2043-52.
52. Illés T, Somoskeöy S. The EOS™ imaging system and its uses in daily orthopaedic practice. *Int Orthop*. 2012;36(7):1325-31.
53. Illés T, Somoskeöy S. [Principles of the EOS™ X-ray machine and its use in daily orthopedic practice]. *Orv Hetil*. 2012;153(8):289-95.
54. Somoskeöy S, Tunyogi-Csapó M, Bogyó C, Illés T. Accuracy and reliability of coronal and sagittal spinal curvature data based on patient-specific three-dimensional models created by the EOS 2D/3D imaging system. *Spine J*. 2012;12(11):1052-9.
55. Than P, Szuper K, Somoskeöy S, Warta V, Illés T. Geometrical values of the normal and arthritic hip and knee detected with the EOS imaging system. *Int Orthop*. 2012;36(6):1291-7.
56. Folinais D, Thelen P, Delin C, Radier C, Catonne Y, Lazennec JY. Measuring femoral and rotational alignment: EOS system versus computed tomography. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013;99(5):509-16.
57. Sigmann MH, Delabrousse E, Riethmuller D, Runge M, Peyron C, Aubry S. An evaluation of the EOS X-ray imaging system in pelvimetry. *Diagn Interv Imaging*. 2014;95(9):833-8.
58. Bittersohl B, Freitas J, Zaps D, Schmitz MR, Bomar JD, Muhamad AR, et al. EOS imaging of the human pelvis: reliability, validity, and controlled comparison with radiography. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(9):581-9.
59. Lazennec JY, Folinais D, Bendaya S, Rousseau MA, Pour AE. The global alignment in patients with lumbar spinal stenosis: our experience using the EOS full-body images. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2016;26(7):713-24.

60. Lazennec JY, Brusson A, Folinais D, Zhang A, Pour AE, Rousseau MA. Measuring extension of the lumbar-pelvic-femoral complex with the EOS® system. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2015;25(6):1061-8.
61. Deschênes S, Charron G, Beaudoin G, Labelle H, Dubois J, Miron MC, et al. Diagnostic imaging of spinal deformities: reducing patients radiation dose with a new slot-scanning X-ray imager. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(9):989-94.
62. Damet J, Fournier P, Monnin P, Sans-Merce M, Ceroni D, Zand T, et al. Occupational and patient exposure as well as image quality for full spine examinations with the EOS imaging system. *Med Phys.* 2014;41(6):063901.
63. Gheno R, Nectoux E, Herbaux B, Baldisserotto M, Glock L, Cotten A, et al. Three-dimensional measurements of the lower extremity in children and adolescents using a low-dose biplanar X-ray device. *Eur Radiol.* 2012;22(4):765-71.
64. Ohl X, Stanchina C, Billuart F, Skalli W. Shoulder bony landmarks location using the EOS low-dose stereoradiography system: a reproducibility study. *Surg Radiol Anat.* 2010;32(2):153-8.
65. Dietrich TJ, Pfirrmann CW, Schwab A, Pankalla K, Buck FM. Comparison of radiation dose, workflow, patient comfort and financial break-even of standard digital radiography and a novel biplanar low-dose X-ray system for upright full-length lower limb and whole spine radiography. *Skeletal Radiol.* 2013;42(7):959-67.
66. Delin C, Silvera S, Bassinet C, Thelen P, Rehel JL, Legmann P, et al. Ionizing radiation doses during lower limb torsion and anteversion measurements by EOS stereoradiography and computed tomography. *Eur J Radiol.* 2014;83(2):371-7
67. Schlégl ÁT. Az alsó végtag anatómiai és biomechanikai paramétereinek 3D rekonstrukció alapú vizsgálata gyermek-, serdülő- és fiatal felnőttkorban. Doktori (PhD) értekezés. Pécs; 2016.
68. Rousseau MA, Laporte S, Chavary-Bernier E, Lazennec JY, Skalli W. Reproducibility of measuring the shape and three-dimensional position of cervical vertebrae in upright position using the EOS stereoradiography system. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(23):2569-72.
69. Mitton D, Landry C, Véron S, Skalli W, Lavaste F, De Guise JA. 3D reconstruction method from biplanar radiography using non-stereocorresponding points and elastic deformable meshes. *Med Biol Eng Comput.* 2000;38(2):133-9.

70. Szuper K, Dömse E, Nót L, Somoskeöy Sz, Than P. Postoperative examination of femoral and tibial diaphyseal fractures with EOS 2D/3D X-ray equipment. *Magyar Traumatológia, Ortopédia, Kézsebészet, Plasztikai Sebészet*. 2013;2:119-26.
71. Tarhan T, Froemel D, Meurer A. [EOS imaging acquisition system: 2D/3D diagnostics of the skeleton]. *Orthopade*. 2015;44(12):977-85.
72. Wybier M, Bossard P. Musculoskeletal imaging in progress: the EOS imaging system. *Joint Bone Spine*. 2013;80(3):238-43.
73. Illés T, Tunyogi-Csapó M, Somoskeöy S. Breakthrough in three-dimensional scoliosis diagnosis: significance of horizontal plane view and vertebra vectors. *Eur Spine J*. 2011;20(1):135-43.
74. Somoskeöy S, Tunyogi-Csapó M, Bogyó C, Illés T. Clinical validation of coronal and sagittal spinal curve measurements based on three-dimensional vertebra vector parameters. *Spine J*. 2012;12(10):960-8.
75. Szuper K, Schlégl Á, Leidecker E, Vermes C, Somoskeöy S, Than P. Three-dimensional quantitative analysis of the proximal femur and the pelvis in children and adolescents using an upright biplanar slot-scanning X-ray system. *Pediatr Radiol*. 2015;45(3):411-21.
76. Schlégl Á, O'Sullivan I, Varga P, Than P, Vermes C. Determination and correlation of lower limb anatomical parameters and bone age during skeletal growth (based on 1005 cases). *J Orthop Res*. 2017;35(7):1431-41.
77. Schlégl Á, Szuper K, Somoskeöy S, Than P. Three dimensional radiological imaging of normal lower-limb alignment in children. *Int Orthop*. 2015;39(10):2073-80.
78. Schlégl AT, Szuper K, Somoskeöy S, Than P. [Evaluation of the usefulness of the EOS 2D/3D system for the measurement of lower limbs anatomical and biomechanical parameters in children]. *Orv Hetil*. 2014;155(43):1701-12.
79. Lazennec JY, Rousseau MA, Rangel A, Gorin M, Belicourt C, Brusson A, et al. Pelvis and total hip arthroplasty acetabular component orientations in sitting and standing positions: measurements reproducibility with EOS imaging system versus conventional radiographies. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2011;97(4):373-80.
80. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83(8):1169-81.

81. Winer BJ. Statistical principles in experimental design. New York: McGraw-Hill; 1962. x, 672 pp.
82. Li WS, Li G, Chen ZQ, Wood KB. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adult idiopathic scoliosis. *Chin Med J (Engl)*. 2010;123(21):2978-82.
83. Legaye J, Duval-Beaupère G. Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation. *Acta Orthop Belg*. 2005;71(2):213-20.
84. Testut L, Latarjet A. *Traité d'anatomie humaine*. 9. éd., rev., corr. et augm./ed. Paris: Doin; 1948.
85. Aldabe D, Milosavljevic S, Bussey MD. Is pregnancy related pelvic girdle pain associated with altered kinematic, kinetic and motor control of the pelvis? A systematic review. *Eur Spine J*. 2012;21(9):1777-87.
86. van Kessel-Cobelens AM, Verhagen AP, Mens JM, Snijders CJ, Koes BW. Pregnancy-related pelvic girdle pain: intertester reliability of 3 tests to determine asymmetric mobility of the sacroiliac joints. *J Manipulative Physiol Ther*. 2008;31(2):130-6.
87. Nguyen NL, Kong CY, Hart RA. Proximal junctional kyphosis and failure-diagnosis, prevention, and treatment. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2016;9(3):299-308.

9 Publikációs jegyzék

9.1 Az értekezés alapjául szolgáló közlemények jegyzéke

1. **Burkus M**, Márkus I, Niklai B, Tunyogi-Csapó M. [Assessment of sacroiliacal joint mobility in patients with low back pain]. *Orv Hetil.* 2017;158(52):2079-85. **IF:0,322; SJR: 0,16 (Q3)**
DOI: 10.1556/650.2017.30921
2. **Burkus Máté**, József Kristóf, Niklai Bálint, Márkus István, Tunyogi-Csapó Miklós. A collodiaphysealis szög vizsgálata gerincferdülés esetén, háromdimenziós képalkotás segítségével. *Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet.* 2017;60(1-2):13-20.
DOI: 10.21755/MTO.2017.060.0102.002
3. **Burkus Máté**, József Kristóf, Bálint Gergely, Niklai Bálint, Márkus István, Tunyogi-Csapó Miklós. Gerincferdülés esetén tapasztalt sagittalis megjelenés vizsgálata EOS 2D/3D képalkotás használatával. *Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet.* 2017;60(1-2):21-31.
DOI: 10.21755/MTO.2017.060.0102.003
4. **Burkus M**, Schlégl Á, O'Sullivan I, Márkus I, Vermes C, Tunyogi-Csapó M. Sagittal plane assessment of spino-pelvic complex in a Central European population with adolescent idiopathic scoliosis: a case control study. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13:10. **IF: 1,023; SJR: 0,843 (Q2)**
DOI: 10.1186/s13013-018-0156-0

5. Márkus I, Schlégl Á, **Burkus M**, József K, Niklai B, Than P, et al. The effect of coronal decompensation on the biomechanical parameters in lower limbs in adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2018;104(5):609-16. **IF: 1,413, SJR: 0,937 (Q1)**
DOI: 10.1016/j.otsr.2018.06.002

Az értekezés alapjául szolgáló közlemények összesített impact factor: **2,758**

9.2 Egyéb közlemények jegyzéke

1. Illés TS, **Burkus M**, Somoskeöy S, Lauer F, Lavaste F, Dubousset JF. The horizontal plane appearances of scoliosis: what information can be obtained from top-view images? *Int Orthop.* 2017;41(11):2303-11. **IF: 2,377; SJR: 1,502 (Q1)**
DOI: 10.1007/s00264-017-3548-5
2. Illés TS, **Burkus M**, Somoskeöy S, Lauer F, Lavaste F, Dubousset JF. Axial plane dissimilarities of two identical Lenke-type 6C scoliosis cases visualized and analyzed by vertebral vectors. *Eur. Spine J.* 2018;27(9):2120-9. **IF: 2,634; SJR: 1,535 (Q1)**
DOI: 10.1007/s00586-018-5577-1
3. Kretzer András, Tömböl Ferenc, **Burkus Máté**. A serdülőkori lábszártörés kezelése felfúrás nélküli, tömör, reteszelt velőúrszegezéssel. *Magyar Traumatológia Ortopédia Kézsebészet Plasztikai Sebészet.* 2018. Közlésre elfogadva.

A közlemények összesített impact factor: **5,011**

9.3 Az értekezés témájához kapcsolható tudományos előadások jegyzéke

- **Burkus Máté**, Szuper Kinga, Burkus László. Az arthritis psoriatika okozta komplex csontelváltozások EOS megjelenítése esetbemutatás kapcsán. 55. MOT Kongresszus, 2012. Június 14-16, Győr;
- **Burkus Máté**, Szuper Kinga, Somoskeöy Szabolcs, Tunyogi-Csapó Miklós. A medenceparaméterek pozíciófüggő értékelése EOS képalkotás segítségével. MOT-MTT 2013. évi Közös Kongresszusa, 2013. Június 27-29, Budapest;
- **Burkus Máté**, Kretzer András, Pellek Sándor, Balogh Péter. Adolescens korban felfedezett congenitalis sacrum deformitás összetett 3D megjelenítése, esetbemutatás. A Magyar Gyermeksebész és Gyermektraumatológus Társaság XXI. Gyermektraumatológiai Vándorgyűlése, 2014. szeptember 18-20, Budapest;
- Márkus István, Schlégl Ádám, József Kristóf, Niklai Bálint, Bogyó Csaba, **Burkus Máté**, Than Péter, Tunyogi-Csapó Miklós. Az alsó végtag csontos anatómiájának vizsgálata adolescens idiopathiás scoliosban szenvedő betegeknél. A Magyar Gerincgyógyászati Társaság 25 Éves Jubileumi Tudományos Ülése, 2016. December 2-4, Balatonfüred;
- **Burkus Máté**, Tunyogi-Csapó Miklós. A kora gyermekkori gerincferdülés és korszerű kezelési elvei. Győr-Moson-Sopron Megyei Orvos-Gyógyszerész Napok, 2017. Március 2-4, Győr;
- **Burkus Máté**, Tunyogi-Csapó Miklós. Kora gyermekkori gerincferdülés kezelési lehetőségei. A Magyar Gyermeksebész Társaság 2017. évi Tavaszi Tudományos Ülése, 2017. Május 5-6, Budapest;
- **Burkus Máté**, Schlégl Ádám, Márkus István, József Kristóf, Niklai Bálint, Somoskeöy Szabolcs, Tunyogi-Csapó Miklós. A proximális femur paraméterek értékelése

gerincferdülés esetén. A Magyar Ortopéd Társaság 60. Kongresszusa, 2017. Június 29-Július 01, Debrecen;

- **Burkus Máté**, Márkus István, Tunyogi-Csapó Miklós. A gerincferdülés esetén tapasztalt szagittális megjelenés értékelése. A Magyar Ortopéd Társaság 60. Kongresszusa, 2017. Június 29-Július 01, Debrecen;
- Schlégl Ádám, O'Sullivan Ian, Varga Péter, Kerekes Kamilla, József Kristóf, **Burkus Máté**, Tunyogi-Csapó Miklós, Vermes Csaba, Csontkor mérési lehetőségek vizsgálata FL-FS és EOS felvételeken. A Magyar Ortopéd Társaság 60. Kongresszusa, 2017. Június 29-Július 01, Debrecen;
- Márkus István, József Kristóf, **Burkus Máté**, Schlégl Ádám, Tunyogi-Csapó Miklós. A coronalis balance és az alsó végtagi radiológiai paraméterek összefüggései idiopathiás adolescens scoliosisban. A Magyar Ortopéd Társaság 60. Kongresszusa, 2017. Június 29-Július 01, Debrecen;
- **Burkus Máté**, Schlégl Ádám, Márkus István, József Kristóf, Niklai Bálint, Somoskeöy Szabolcs, Tunyogi-Csapó Miklós. A serdülőkori gerincferdülés és az alsóvégtagi paraméterek kapcsolatának vizsgálata. XXIV. Gyermektraumatológiai Vándorgyűlése 2017. október 27-28, Miskolc;
- Ádám Tibor Schlégl, István Márkus, **Máté Burkus**, Kristóf József, Bálint Niklai, Péter Than, Miklós Tunyogi-Csapó. Effect Of Coronal Decompensation On The Biomechanical Parameters In Lower Limbs In Adolescent Idiopathic Scoliosis. 19th EFORT Congress, Barcelona, Spain, 2018 May 30-June 01;
- Schlégl Ádám Tibor, József Kristóf, Márkus István, **Burkus Máté**, Than Péter, Tunyogi-Csapó Miklós. Korai kezdetű és serdülőkori gerincferdülésekben megjelenő coronalis dekompenzáció hatása az alsó végtagi biomechanikai paraméterekre. A Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2018. évi Közös Kongresszusa 2018. Június 28-30, Győr;

- **Burkus Máté**, Schlégl Ádám, Márkus István, Somoskeöy Szabolcs, Tunyogi-Csapó Miklós. A sacroiliacalis ízület pozíció függő vizsgálata EOS képalkotással. A Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2018. évi Közös Kongresszusa 2018. Június 28-30, Győr;
- **Burkus Máté**, Schlégl Ádám, József Kristóf, Márkus István, Tunyogi-Csapó Miklós. Gerincferdülés melletti sagittalis medenceparaméterek népcsoport függő vizsgálata. A Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2018. évi Közös Kongresszusa 2018. Június 28-30, Győr;
- Márkus István, József Kristóf, Bogyó Csaba, **Burkus Máté**, Tunyogi-Csapó Miklós. Scoliosis korrekciós műtéteket követően kialakult proximalis junctionalis kyphosis kezelésében szerzett tapasztalataink a Pécsi Ortopédiai Klinikán. A Magyar Ortopéd Társaság és a Magyar Traumatológus Társaság 2018. évi Közös Kongresszusa 2018. Június 28-30, Győr;

10 Köszönetnyilvánítás

Tudományos munkám elkészültéhez szeretnék köszönetet mondani Prof. Dr. Illés Tamásnak, aki elindított a gerincsebészethez kapcsolódó kutatói pályámon.

Köszönöm Prof. Dr. Than Péternek aki klinikavezetőként tudományos tevékenységem koordinálását is vállalta. Az ő segítségével, kitartó ösztönzése, illetve iránymutatása nélkül értekezésem nem születhetett volna meg.

Nagy köszönettel tartozom témavezetőmnek Dr. Tunyogi-Csapó Miklósnak, aki tudományos munkám elősegítése mellett a gerincsebészet rejtelmeibe is igyekezett bevezetni. Örülök, hogy az évek alatt nem ritkán nehéz és küzdelmekkel teli közös munka során nem csak szakmai, hanem elmélyült baráti kapcsolat is kialakult közöttünk.

Különös köszönettel tartozom a Klinika tudományos tevékenységében egyik fő szerepet betöltő fiatal kollégámnak és barátomnak Dr. Schlégl Ádám Tibornak, aki állandó tudományos társként végigkísérte munkám elkészítését.

Köszönöm Dr. Somoskeőy Szabolcsnak az Ortopédiai Klinika EOS „felelősének” az évek alatt számomra nyújtott rendkívül sok szakmai segítséget. Kutatásom alatt hozzá bármikor fordulhattam tanácsért.

Köszönöm a klinikán dolgozó kiváló kollégáimnak és barátaimnak Dr. Ian O’Sullivannek és Dr. Márkus Istvánnak, valamint az Ortopédiai Klinika minden további dolgozójának a munkámhoz nyújtott rengeteg önzetlen segítséget.

Legfőbb köszönettel családomnak tartozom. Különösen feleségemnek Viktóriának, a türelméért, hogy elviselte a munkám miatt a családra nehezedő fokozott terheket és a nehézségek során mindvégig kitartóan biztatott és ösztönzött.

Végezetül tudományos munkámat Marcell fiamnak ajánlom. Olvassa majd legalább olyan lelkesedéssel, mint amennyi erőt adott elkészítése során.