

A gyermekkori gerincdeformitások vizsgálata
kisiskolások körében: a gerinc alakjának
meghatározása és állásstabilitás vizsgálatok

Doktori értekezés

Takács Mária

Testnevelési Egyetem
Sporttudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Kiss Rita M. egyetemi tanár, DSc

Hivatalos bírálók: Lángné Dr. Lázi Márta egyetemi docens, PhD
Dr. Viola Sándor ny. ov. főorvos, PhD

Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Tretter László egyetemi tanár, DSc
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Tihanyi József rector emeritus, DSc
Dr. Szőke György egyetemi tanár, DSc

Budapest
2019

TARTALOMJEGYZÉK

<i>LATIN KIFEJEZÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE</i>	4
<i>RÖVIDÍTÉSEK JELENTÉSE</i>	6
<i>ÁBRÁK JEGYZÉKE</i>	8
<i>TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE</i>	10
1. BEVEZETÉS.....	13
1.1. Problémafelvetés	13
1.2. Irodalmi áttekintés	14
1.2.1. Noninvazív gerincvizsgáló eszközök megbízhatósága, megismétlési pontossága	14
1.2.2. Noninvazív gerincvizsgáló eszközök validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel scoliosissal kezelt gyermekek esetén.....	16
1.2.3. Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékének meghatározása noninvazív mozgásvizsgáló rendszerekkel.....	21
1.2.4. A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra	27
2. CÉLKITŰZÉSEK	30
3. VIZSGÁLT SZEMÉLYEK, MÓDSZEREK	31
3.1. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén.....	31
3.2. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel.....	35
3.3. Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel	37
3.4. A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra.....	38
3.5. Fizikális ortopédiai vizsgálat.....	39
3.6. Radiológiai vizsgálat (csak scoliosissal kezelt gyermekeknél)	40
3.6.1. A méréshez használt eszközök bemutatása.....	40
3.6.2. A mérés menete.....	41

3.7.	A gerinc alakját jellemző sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületek értékének meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel.....	43
3.7.1.	A méréshez használt eszközök bemutatása.....	43
3.7.2.	A mérés menete, lépései (8. ábra).....	44
3.7.3.	A processus spinosusok térbeli helyzetéből számított szögértékek meghatározása	46
3.8.	A gyermekkori hanyag testtartás hatásvizsgálata az állástabilitásra	48
3.8.1.	A méréshez használt eszközök bemutatása.....	48
3.8.2.	A mérés menete, lépései	48
3.8.3.	A mért adatokból számított távolság-, idő- és frekvenciaalapú paraméterek	49
3.9.	Statisztikai módszerek	52
3.9.1.	Zebris gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású gyermekek esetén	52
3.9.2.	Zebris gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata scoliosissal kezelt gyermekek esetén.....	53
3.9.3.	A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló eszköz validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel.	54
3.9.4.	Az iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékének meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel	55
3.9.5.	A gyermekkori hanyag testtartás hatásvizsgálata az állásstabilitásra	55
4.	EREDMÉNYEK	57
4.1.	A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén.....	57
4.1.1.	Helyes testtartású gyermekek	57
4.1.2.	Scoliosisban szenvedő gyermekek	61
4.2.	A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel.....	64
4.3.	Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel	70
4.3.1.	A nemek szerinti vizsgálat eredményei	70

4.3.2.	A helyes testtartású és a hanyag testtartású csoport vizsgálati eredményei közötti különbség.....	71
4.3.3.	Az életkor szerinti vizsgálat eredményei	71
4.3.4.	A magassági adatok vizsgálata nemenként és diagnózisonként, életkortól függetlenül.....	75
4.3.5.	Az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek és a testtartást jellemző szögértékek vizsgálata a nem, a testmagasság és a testtartástípusok függvényében	81
4.4.	A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra	9
5.	MEGBESZÉLÉS.....	95
5.1	A Zebris gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén	93
5.1.1.	Helyes testtartású gyermekek	93
5.1.2.	Gerincferdülésben szenvedő gyermekek	98
5.2.	A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel.....	99
5.3.	Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel	109
5.4	A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra.....	116
6.	KÖVETKEZTETÉSEK, A KUTATÁS HASZNOSÍTÁSA A SPORTTUDOMÁNY TERÜLETÉN	120
7.	ÖSSZEFOGLALÁS	124
8.	SUMMARY	125
9.	IRODALOMJEGYZÉK	126
10.	SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE	143
10.1	Az értekezés témájában megjelent eredeti közlemények	143
10.2	Egyéb – nem az értekezés témájában megjelent – eredeti közlemények	144
11.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	145

LATIN KIFEJEZÉSEK ÉS RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

acromion	vállcsúcs
anamnézis	kórelőzmény
angulus inferior scapulae	lapockacsúcs
anterior	elülső, elől fekvő
calcaneus	sarokcsont
törzs anteflexio	előrehajlás
anteroposterior	előlről hátra irányuló
axialis rotatio	tengely körüli forgás
carcinoma	rosszindulatú daganatos megbetegedés
cervicalis	nyaki
degeneratív	kopásos
extensor	feszítő
extensio	feszítés
flexio	hajlítás
flexor	hajlító
frontalis	homloki, a test homlok síkjához tartozó
idiopathias	ismeretlen eredetű
incidencia	az új esetek (pl. megbetegedések) előfordulása egy meghatározott időtartam alatt a vizsgált populációban, arányszámmal jellemezhető
kyphosis	a gerinc háti hajlata, hátra irányuló „púpossága”
lateralis	a test középvonalától oldal felé, távolabb eső
lateralflexio	oldalra dőlés
leukaemia	rosszindulatú vérképzőszervi megbetegedés
lordosis	a gerinc előre irányuló homorulata
lumbalis	ágyéki
medialis	a test középvonalához közelebb eső
mediolateralis	a test középvonalától oldalra irányuló
neuromuszkuláris	ideg-izom eredetű
noninvazív	vágás, szúrás, behatolás nélküli

obszerváció	megfigyelés
perzisztál	megmarad, tartósan fenáll
postero-anterior	hátról előre irányuló
posterior	hátsó, hátsó
prevalencia	egy jelenség (pl. betegség) összes létező esete egy meghatározott időpontban a vizsgált populációban, függetlenül attól, hogy a jelenség mióta áll fenn, arányszámmal jellemezhető
rotatio	saját tengely körüli forgás
sacralis	keresztcsonti
sagittalis	nyílirányú, a test anteroposterior (előlről hátra) irányú síkjához tartozó
scoliosis	a gerinc oldalirányú görbülete, gerincferdülés
spina iliaca posterior superior	hátsó felső csípőtővis
thoracalis	háti

RÖVIDÍTÉSEK JELENTÉSE

AP	anteroposterior
AIS	Adolescens Idiopathias Scoliosis - ismeretlen eredetű gerincferdülés
CE	konfidenciaellipszis
CI	konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)
C7	cervicalis (nyaki) 7-es csigolya
COP	Center of Pressure, nyomásközéppont
ICC	összetartozási együttható (angolul: intraclass correlation coefficient)
L	lumbalis (ágyéki)
L1	lumbalis (ágyéki) 1-es csigolya
L5	lumbalis (ágyéki) 5-ös csigolya
LA	legnagyobb amplitúdó
LDD	terheléselozlási különbség a két végtag között
LL	lumbalis (ágyéki) lordosis
LI	lateralis dőlés (oldalirányú-frontalis síkú dőlés)
LMR	frekvencia-teljesítmény arányok alacsony-közepes frekvencia sávok között
LSC	lumbalis scoliosis (ágyéki szakaszra eső oldalirányú görbület)
<i>max. dev.</i>	maximumális kitérés
MHR	frekvenciateljesítmény arányok közepes-magas frekvenciasávok között
ML	mediolateralis
MPF	átlag teljesítmény-frekvencia
PA	postero-anterior
PI	Posture Index
RTG	röntgen
SEM	mérés standard hibája
SVA	sagittalis verticalis axis (nyílrányú függőleges tengely)

<i>TTI</i>	teljes törzsdőlés (előre-hátra irányuló, sagittalis síkú dőlés)
<i>Th</i>	thoracalis (háti)
<i>Th1</i>	thoracalis (háti) 1-es csigolya
<i>Th12</i>	thoracalis (háti) 12-es csigolya
<i>TK</i>	thoracalis (háti) kyphosis
<i>TSC</i>	thoracalis scoliosis (háti szakaszra eső oldalirányú görbület)
<i>S</i>	sacralis (keresztcsonti)
<i>S1</i>	sacralis (keresztcsonti) 1-es csigolya
<i>SD</i>	szórás
<i>SOSORT</i>	The International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (A Scoliosis Ortopédiai és Rehabilitációs kezelésével foglalkozó Nemzetközi Tudományos Társaság)
<i>SPR</i>	spektrális teljesítmény arány
<i>v</i>	verzió
<i>vs</i>	versus, ellen, szemben

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra Kétirányú röntgenfelvétel a gerincről (17. oldal)
2. ábra SVA meghatározás a gerinc röntgenfelvételen (18. oldal)
3. ábra Hanyag testtartás és helyes testtartás ugyanazon gyermek esetén (23. oldal)
4. ábra A méréshez szükséges referencia és mérendő anatómiai képletek kijelölése színes ceruzával (40. oldal)
5. ábra A gyermekek pozicionálása a röntgenfelvétel elkészítése során (41. oldal)
6. ábra Cobb-módszer alkalmazása kétirányú gerinc röntgenfelvételeken a frontalis és a sagittalis gerincgörbületek meghatározásához (42. oldal)
7. ábra A Zebris CMS-HS ultrahangalapú mozgásvizsgáló rendszer részei (44. oldal)
8. ábra Az ultrahangalapú gerincvizsgálat lépései (45. oldal)
9. ábra A processus spinosusok térbeli helyzetéből számított szögértékek meghatározása frontalis síkban (a) és sagittalis síkban (b) (46. oldal)
10. ábra Talpnyomáseloszlás mérése (49. oldal)
11. ábra A megbízhatósági vizsgálat folyamatábrája (52. oldal)
12. ábra *TK, LL, TTI, LI* átlagértéke a helyes és hanyag testtartású lányok esetén életkor függvényében (72. oldal)
13. ábra *TK, LL, TTI, LI* átlagértéke a helyes és hanyag testtartású fiúk esetén életkor függvényében (73. oldal)

14. ábra A TK szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén (94. oldal)
15. ábra Az LL szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén (95. oldal)
16. ábra A TTI szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén (96. oldal)
17. ábra Az LI szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén (97. oldal)
18. ábra A két mérési módszerrel meghatározott sagittalis síkú gerincgörbületek Bland-Altman ábrája (101. oldal)
19. ábra A két mérési módszerrel meghatározott frontalis síkú gerincgörbületek Bland-Altman ábrája (101. oldal)
20. ábra TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású lányok esetén testmagasság szerint (111. oldal)
21. ábra TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású fiúk esetén testmagasság szerint (112. oldal)
22. ábra TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású lányok esetén testmagasságcsoportok szerint az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek esetén (114. oldal)
23. ábra TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású fiúk esetén testmagasságcsoportok szerint az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek esetén (115. oldal)

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat SVA értékei irodalmi adatok alapján (19. oldal)
2. táblázat Funkcionális gerincdeformitások felosztása (22. oldal)
3. táblázat Sagittalis síkú gerincgörbületek értékei irodalmi adatok alapján I. (24. oldal)
4. táblázat Sagittalis síkú gerincgörbületek értékei irodalmi adatok alapján II. (25. oldal)
5. táblázat Sagittalis síkú gerincgörbületek értékei irodalmi adatok alapján III. (26. oldal)
6. táblázat A vizsgálatba történő beválogatás kritériumai a különböző testtartáscsoportok esetén (32. oldal)
7. táblázat A vizsgálatba bevont gyermekek antropometriai adatai (33. oldal)
8. táblázat A scoliosissal kezelt és a vizsgálatba bevont 19 gyermek részletes antropometriai adatai (36. oldal)
9. táblázat Iskoláskorú gyermekek körében végzett nyolc vizsgálat során elvégzett mérések száma (37. oldal)
10. táblázat A processus spinosusok térbeli helyzetéből számított szögértékek meghatározása (47. oldal)
11. táblázat COP helyzetéből számítható független távolság- és időalapú paraméterek (50. oldal)
12. táblázat COP helyzetéből számítható független frekvenciaalapú paraméterek (51. oldal)
13. táblázat Helyes testtartású gyermekeken végzett megbízhatósági vizsgálat során számított paraméterek (58. oldal)

14. táblázat A megismétlési pontosságot jellemző paraméterek összefoglalása (59. oldal)
15. táblázat Lineáris regresszió számításának eredménye (60. oldal)
16. táblázat Scoliosisban szenvedő gyermekeken végzett megbízhatósági vizsgálat során számított paraméterek (62. oldal)
17. táblázat A megismétlési pontosságot jellemző paraméterek összefoglalása (63. oldal)
18. táblázat A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása (65. oldal)
19. táblázat Két mérési módszerrel meghatározott gerincgörbületek scoliosisban szenvedő gyermekek esetén (68. oldal)
20. táblázat A két módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékek Bland-Altman-módszerrel történő összehasonlításeredményei (69. oldal)
21. táblázat Testtartás és életkor szerinti csoportokban végzett vizsgálatok száma nemenkénti bontásban (74. oldal)
22. táblázat Helyes testtartású fiúk és lányok esetén a sagittális gerincgörbületi értékek (*TK*, *LL*) és a testtartást jellemző szögértékek (*TTI*, *LI*) testmagasság szerint (76. oldal)
23. táblázat Hanyag testtartású fiúk és lányok esetén a sagittális gerincgörbületi értékek (*TK*, *LL*) és a testtartást jellemző szögértékek (*TTI*, *LI*) testmagasság szerint (78. oldal)
24. táblázat *TK*, *LL*, *TTI* és *LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvevő lányok esetén testmagasság szerint (82. oldal)

25. táblázat *TK, LL, TTI és LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett lányok esetén testtartáscsoportok szerint (83. oldal)
26. táblázat *TK, LL, TTI és LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett lányok esetén testmagasság és testtartás szerint (84. oldal)
27. táblázat ANOVA teszt eredményei lányok esetében (85. oldal)
28. táblázat *TK, LL, TTI és LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett fiúk esetén testmagasságcsoporthoz szerint (86. oldal)
29. táblázat *TK, LL, TTI és LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai, az állásstabilitás vizsgálatban résztvett fiúk esetén testtartáscsoportok szerint (87. oldal)
30. táblázat *TK, LL, TTI és LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett fiúk esetén testmagasság és testtartáscsoportok szerint (88. oldal)
31. táblázat ANOVA teszt eredményei fiúk esetében (89. oldal)
32. táblázat A helyes testtartású és a hanyag testtartású gyermekek COP-paraméterei (91. oldal)
33. táblázat A helyes testtartású és a hanyag testtartású fiúk és lányok COP paraméterei (92. oldal)
34. táblázat A korábbi vizsgálat és a saját vizsgálatunk összehasonlítása I. (104. oldal)
35. táblázat A korábbi vizsgálat és saját vizsgálatunk összehasonlítása II. (105. oldal)

1. BEVEZETÉS

1.1. Problémafelvetés

A gyermekortopédia egyik fontos területe a tartási rendellenességgel és a gerincdeformitással élő gyermekek gondozása, kezelése. Ezen elváltozások korai kezelése, a hatékony prevenció a felnőtt- és időskorban kialakuló reumatológiai kórképek megelőzése szempontjából is nagy jelentőségű. A prevencióban fontos szerepe van az egyénre szabott gyógytestnevelésnek, gyógytornának, de az iskolai testnevelés során is szükséges az életkori sajátosságok figyelembevétele. Ehhez elengedhetetlen a gerinc alakjának numerikus rögzítése, elsősorban noninvazív mérési módszerekkel.

A röntgenfelvételek csak strukturális elváltozások (pl. scoliosis, Scheuermann-kór) gyanúja esetén készíthetők, tartási rendellenesség esetén nem elfogadott. A Scheuermann-kór és a hanyag testtartás elkülönítése az enyhébb esetekben nem egyszerű. A Scheuermann-kór kliniko-radiológiai diagnózis. Ha egy gerincszakasz mozgékonyága beszűkült, a háti kyphosis fokozott és merev, akkor gyanú adódik a Scheuermann-kór fennállására, és indokolt a röntgenfelvétel elkészítése. A scoliosis diagnózisának felállításához szintén szükség van röntgenfelvételre, azonban a sugárterhelés csökkentésére törekedni kell. A Scoliosis Ortopédiai és Rehabilitációs kezelésével foglalkozó Nemzetközi Tudományos Társaság (SOSORT) ajánlása alapján a noninvazív mérőrendszereknek fontos szerepük van scoliosisban szenvedő gyermekek diagnosztizálásában, utánkövetésében. A sugárterheléssel nem járó alternatív eszközök használatát előtérbe kell helyezni (Knott és mtsai 2014).

Az ismert noninvazív vizsgálóeszközök sugárterhelés nélkül a bőrön keresztül képesek a gerinc görbületeinek meghatározására: a flexiruler, goniometer, kyphometer, az ultrahangalapú rendszerek, mint a Scoliscan, továbbá rasterstereographic rendszerek (Berton és mtsai 2016, Dolphens és mtsai 2012, Drerup és Hierholzer 1996; Burkhard 2014, Hackenberg és Hierholzer 2002, Kellis és Emmanouilidou 2008, Livanelioglu és mtsai 2016, Mannion és mtsai 2004, Percy 1986, Ripani és mtsai 2008, Salisbury és Porter 1987. Stokes és mtsai 1987, Theologis és mtsai 1997, Wang és mtsai 2015,

Zheng és mtsai 2016, Zheng és mtsai 2016). Az Epionics SPINE (Epionics Medical GmbH, Potsdam, Németország) mozgásvizsgáló rendszer a gerinc alakjáról és annak változásáról paravertebralisán elhelyezett érzékelők segítségével 24 órás monitorizálásra képes (Consmüller és mtsai 2012). Az alternatív gerincvizsgáló eszközök között a Spinal Mouse (Idiag, Voletswil, Svájc) az egyik legkönnyebben elérhető és leggyakrabban használt mérőműszer. Az eszköz a gerinc vonala mentén végigvezetve a 3 irányú elmozdulást és a 3 tengely körüli elfordulást (6 szabadságfok) rögzíti, amely alapján a gerinc alakját a C7-es csigolyától az S3-as csigolyáig csigolyánként a függőlegeshez viszonyított szöggel jellemzi (Kocsis és mtsai 2007, Post és Leferink 2004). A Zebris ultrahangalapú mozgásvizsgáló rendszer (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) a másik elterjedt mérőeszköz, amely nemcsak alsó és felső végtag mozgásait leíró jellemzők meghatározására, hanem a WinSpine programcsomag segítségével a statikus helyzetben a gerincgörbületek értékeinek a meghatározására is alkalmas (Viola és mtsai 2007, Zsidai és Kocsis 2006)

1.2. Irodalmi áttekintés

Az irodalomkutatás a következő tématerületekre terjedt ki:

- Noninvazív gerincvizsgáló eszközök megbízhatósága, megismétlési pontossága (l. az 1.2.1. fejezet).
- Noninvazív gerincvizsgáló eszközök validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel, scoliosissal kezelt gyermekek esetén (l. az 1.2.2. fejezet).
- Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékének meghatározása noninvazív mozgásvizsgáló rendszerrel (l. az 1.2.3. fejezet).
- Gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra (l. az 1.2.4. fejezet).

1.2.1. Noninvazív gerincvizsgáló eszközök megbízhatósága, megismétlési pontossága

A noninvazív, sugárterheléssel nem járó lehetőségek között a legkönnyebben hozzáférhető és emiatt széles körben elterjedt vizsgálóeszköz a Spinal Mouse (Idiag, Voletswil, Switzerland). A Spinal Mouse megismétlési pontosságát 20 középkorú,

helyes testtartású felnőtt (9 férfi, 11 nő) esetén két vizsgáló részvételével határozták meg. Két nap különbséggel elvégzett vizsgálat esetén a megismétlési pontosság, amely az összetartozási együtthatóval (angolul: intraclass correlation coefficient, *ICC*) jellemezhető, jó (*ICC*: 0,82), míg két vizsgáló egymáshoz viszonyított (interobserver) pontossága szélesebb tartományt mutat (*ICC*: 0,62–0,94) (Mannion és mtsai 2004). 30 helyes testtartású felnőtt (18 férfi, 12 nő) részvételével egyenes testtartásban, Spinal Mouse eszközzel meghatározott, sagittalis síkú görbületek esetén két vizsgáló által mért eredménye alapján a legnagyobb hiba 1,54°, míg az azonos vizsgáló esetén két óra különbséggel elvégzett mérések eredményeiből számított hiba háti kyphosissnál 0,46°, míg lumbalis lordosisnál 0,71° (Kiss 2008).

Az alkalmazott noninvazív mozgásvizsgáló rendszerek másik képviselője a Zebris CMS-HS-rendszer (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország), amely az anatómiai pontok térbeli helyzetének meghatározására statikusan és mozgás közben egyaránt alkalmas (Kiss és mtsai 2004). A rendszer lényege, hogy a mérőfej három vevője által meghatározott helyi koordináta-rendszerben a csigolya tövisnyúlványaira helyezett adó térbeli koordinátáját az ultrahang időkésését használva távolságmérésen alapuló háromszögelés módszerével határozza meg (Dvir és Prushansky 2000, Fölsch és mtsai 2012, Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b, Zsidai és Kocsis 2006). A rendszer WinSpine programcsomagjának (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) segítségével a tövisnyúlványok térbeli helyzete statikus helyzetben és mozgás közben egyaránt meghatározható, amelyből a frontalis és sagittalis síkú görbületek értékei számíthatók (Viola és mtsai 2007). A Zebris gerincvizsgáló módszer megismétlési pontossága helyes testtartású személyeknél (25 férfi, 35 nő) a nyaki flexio-extensio, rotatio és lateralflexio mozgástartományai esetén kiváló (*ICC* flexio-extensio esetén: 0,96; *ICC* rotatio esetén: 0,94; *ICC* lateral-flexio esetén: 0,93) (Malmström és mtsai 2003). 20 helyes testtartású fiatal felnőttél (11 férfi, 9 nő) a lumbalis gerincszakasz flexio-extensio mozgástartomány esetén a megismétlési pontosság szintén kiváló (az azonos napon végzett mérések közötti *ICC* az első napon: 0,89, a második napon 0,90; két nap mérései közötti *ICC*: 0,82) (Moutzouri és mtsai 2008). A Zebris gerincvizsgáló módszer megismétlési pontosságát a processus spinosusokra helyezett egyedi markerek segítségével 28 fiatal férfi esetén ülőhelyzetben a háti kyphosis esetén is meghatározták. A vizsgálat során két különböző napon mért

eredmények közötti különbség $1,0 \pm 5,3^\circ$, a *SEM* (standard error of the measurement) $3,7^\circ$, míg az *ICC*: 0,95 (Fölsch és mtsai 2012). Helyes testtartású gyermekeken végzett vizsgálat alapján (19 fiú és 22 lány hátizom-erősítő programban részt vevő, valamint 11 fiú és 17 lány kontrollcsoportba sorolt) a mérés pontossága zongoraszéken 90° -ban hajlított térdekkel, ülő helyzetben végzett vizsgálat esetén megfelelő (*ICC*: háti kyphosis 0,69; ágyéki lordosis 0,52), míg természetesen felvett, álló testhelyzet esetén rossz (*ICC*: háti kyphosis 0,39; ágyéki lordosis 0,37) (Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b). Ezek alapján Geldhof és munkatársainak további vizsgálatai csak ülő helyzetben történtek.

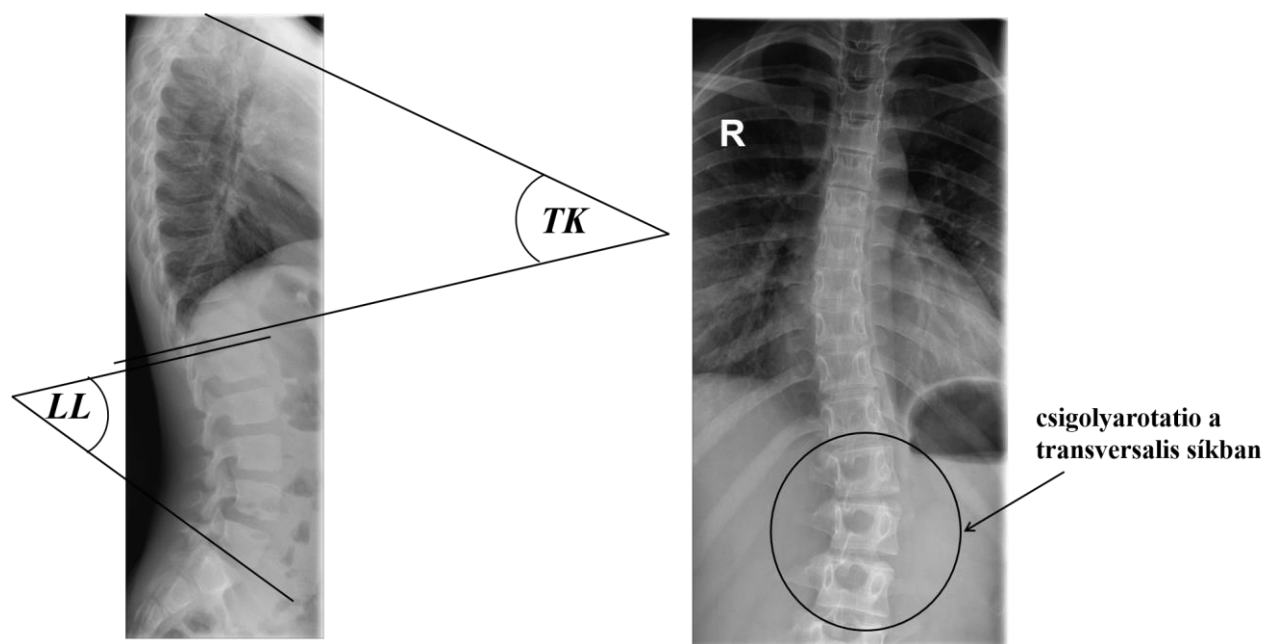
Gyermekek körében statikus helyzetű vizsgálatok ülő és álló helyzetben is történtek. Az irodalmi adatok alapján álló helyzetben a háti kyphosis és a lumbalis lordosis értékek meghatározási pontossága a Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer használatával alacsony. Álló helyzetű háti kyphosis és lumbalis lordosis értékekre számszerű irodalmi adatokat nem találtunk.

1.2.2. Noninvazív gerincvizsgáló eszközök validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel scoliosissal kezelt gyermekek esetén

A gyermekortopédiai gyakorlatban kétirányú (hátról előre és oldalról irányuló sugárirányban) teljes gerinc röntgenfelvételt abban az esetben kell készíteni, ha a strukturális (csontos vázat érintő pl. scoliosis) deformitás lehetősége felmerül. A scoliosis diagnosztikájához, a progresszió megítéléséhez, a sagittalis és a frontális síkú deformitások és a rotatio vizualizációjához évente egy alkalommal kétirányú teljes gerinc röntgenfelvételek elkészítése javasolt (Janssen és mtsai 2013, Negrini és mtsai 2012).

Az ismeretlen eredetű scoliosis (Adolescens Idiopathias Scoliosis – AIS) prevalenciája 0,47–5,2%, és az éves incidenciája 2% körül van (Konieczny és mtsai 2013, Schreiber és mtsai 2015). A 10-16 év közötti gyermekek körében az AIS előfordulása 2–4% (Reamy és Slakey 2001). A kétirányú röntgenfelvételek készítése jelentős sugárterhelést jelent. Az AIS-ben szenvedő gyermekeknél az éveken át rendszeresen alkalmazott röntgensugárzás megnöveli a tüdő-, az emlőcarcinoma és a leukaemia előfordulását (Doody és mtsai 2000, Levy és mtsai 1996).

A sugárterhelés csökkentése érdekében a gerincgörbületek értékének meghatározásában az alacsony sugárdózissal működő eszközök használata elterjedtebbé vált: például az EOS 2D/3D eszközök (EOS Imaging, Párizs, Franciaország), amelyek alkalmasak a Cobb-szögek meghatározására (Delorme és mtsai 2003, Goldberg és mtsai 1998, Greiner 2002, Hattori és mtsai 2011, Illés és Somoskeöy 2013, Morrissy és mtsai 1990, Vidal és mtsai 2013). A scoliosis új típusú klasszifikációja előtérbe helyezte, hogy a scoliosis háromdimenziós (térbeli) deformitás, és a sagittalis síkú görbületek fontos szerepet játszanak a gerinc stabilitásában (King és mtsai 1983, Rigo 2011). Scoliosis következtében a frontalis síkban kialakuló görbületek mellett a sagittalis síkú thoracalis kyphosis (*TK*), a lumbalis lordosis (*LL*) változása és a transversalis síkú axiális rotáció is megfigyelhető (1. ábra). A csigolyatestek a konvex oldal felé, míg a processus spinosusok a konkáv oldal felé fordulnak el (Hong és mtsai 2013, Liljenqvist és mtsai 2002). Az AIS esetén a görbület apicalis régiójában elhelyezkedő csigolyában egy aszimmetrikus, csigolyatesten belüli deformitás is megfigyelhető (Lenke és mtsai 2001).



1. ábra
Kétirányú röntgenfelvétel a gerincről

Scoliosisban a sagittalis síkú thoracalis kyphosis (*TK*) és lumbalis lordosis (*LL*) egyaránt torzulhat, a transversalis síkban megjelenhet a rotatio, amely a frontalis síkú röntgenfelvételen látható

A kétirányú röntgenfelvételek kiértékelésére a legszélesebb körben a Cobb-módszer terjedt el, mivel sagittalis síkban a thoracalis kyphosis és a lumbalis lordosis nagyságának és frontalis síkban a scoliosis mértékének a meghatározására egyaránt alkalmas (Mac-Thiong és mtsai 2003, Vrtovec és mtsai 2009). A röntgenfelvételek értékelhetőségében a beteg pozícionálása meghatározó, bár egységesen elfogadott evidencia nincs. A különböző kartartásokban készült röntgenfelvételek összehasonlítására használatos a függőleges tengelytől való nyílirányú távolsággal való jellemzés (SVA= sagittalis verticalis axis), mivel ez a sacrum hátsó felső szögletének a C7-es csigolyából induló függőleges egyenestől való távolsága (2. ábra) (Aota és mtsai 2009, 2011, Faro és mtsai 2004).



24. ábra

SVA meghatározás a gerinc röntgenfelvételen

Nyílirányú függőleges tengelytől való távolság (SVA=sagittalis verticalis axis): a sacrum hátsó felső szögletének a C7-es csigolyából induló függőleges egyenestől való távolsága (Faro és mtsai 2004)

A felső végtag pozíciójából adódó SVA értékek az 1. táblázatban láthatók. A sagittalis síkban nyújtott könyökkel történő karemelés esetén a kyphosis értéke csökken, míg a lordosis növekszik, amelynek maximuma 90–135° közötti karemelésnél van (Zaina és mtsai 2012).

1. táblázat

SVA értékei irodalmi adatok alapján

SVA (átlagértékek±szórás) különböző kartartások mellett (Aota és mtsai 2011, Faro és mtsai 2004)

	laza tartás, karok a törzs mellett (Aota és mtsai 2011)	kulcscontra helyezett ököl (Aota és mtsai 2011)	kulcscontra helyezett ököl (Faro és mtsai 2004)	45° -ban előreemelt karok, nyújtott könyökkel (Faro és mtsai 2004)	45° -ban előreemelt karok, nyújtott könyökkel (Aota és mtsai 2011)	karok a törzs előtt lazán összekulcs Iva (Aota és mtsai 2011)
SVA (cm)	2,3±2,0	-1,6±2,3	-1,8±2,3	-5,0±2,4	-2,9±2,1	0,5±2,4

Megjegyzés: SVA: sagittalis verticalis axis (nyílrányú függőleges tengely),
a sacrum hátsó felső szögletének a C7-es csigolyából induló
függőleges egyenestől való horizontális távolsága.
Az SVA negatív előjelet kap, ha a C7 csigolyából induló
függőleges egyenes a sacrum hátsó felső pólusa mögé kerül

Új mérési rendszer bevezetésekor elengedhetetlen a pontosság meghatározása, azaz hitelesített mérési módszerrel meghatározott értékekkel történő összevetés. A gerincgörbületek értékének meghatározása esetén az előbbieket alapján gold-standardnek a kétirányú gerinc röntgenfelvételeken a Cobb módszerrel meghatározott sagittalis és frontális síkú görbületek értékeit tekintjük. Így a noninvazív módszerrel meghatározott értékeket is ezekkel az értékekkel kell összehasonlítani.

Helyes testtartású fiatal felnőttek esetén (14 férfi, 16 nő) az AP irányú gerincfelvétel és a Spinal Mouse-sal sagittalis síkban meghatározott csigolyák közötti szögértékek esetén a pontosság alacsony ($ICC: 0,385-0,644$) (Ripani és mtsai 2008). AIS-ben szenvedő gyermekek esetén (42 lány, 9 fiú) a frontalis síkú görbületek mérésének megismétlési pontossága azonban jó ($ICC: 0,872-0,962$) (Livanelioglu és mtsai 2016). Schmid és munkatársai 10 AIS-ben szenvedő gyermek (2 fiú, 8 lány) vizsgálatával megállapították, hogy AIS esetén a bőrmarkeralapú, noninvazív mozgásvizsgáló technikák a frontalis síkú görbületeket következetesen alábecsülték (a regressziós egyenes meredeksége $0,882$ és $1,308$ közötti) (Schmid és mtsai 2015). Ennek ellenére a módszer mind a sagittalis, mind a frontalis síkban alkalmas a gerincgörbületek értékének meghatározására. A mérés pontosságát a scolioticus csigolyák rotációs deformitása és a lágy szövet vastagsága szignifikánsan befolyásolja (Zaina és mtsai 2012).

Aroeira és munkatársai a frontalis síkú gerincgörbületek értékének meghatározására digitális fényképezőgéppel számítógépes fotogrammetriát használtak (Aroeira és mtsai 2011). 16 AIS-ben szenvedő fiatal felnőtt (2 férfi, 14 nő) részvételével végzett mérése alapján megállapították, hogy a röntgenfelvételen a gold standardnek tekinthető Cobb módszerrel és a fotogrammetriával számított frontalis síkú görbületek közötti átlagos különbség a thoracalis régióban $2,9^\circ$, míg a lumbalis régióban $5,1^\circ$, ami nem jelentős (Aroeira és mtsai 2011). A Bland–Altman-módszerrel meghatározott megismétlési (test-retest) megbízhatóság nem ismert (Aroeira és mtsai 2011).

Azon mérési módszerek, amelyek a gerinc görbületeket a processus spinosusok helyzetéből számítják, a frontalis síkú gerincgörbületek értékét alulbecsülték, amelynek oka a csigolyák malrotációja (Harlick és mtsai 2007, Herzenberg és mtsai 1990, Schmid és mtsai 2015, Snider és mtsai 2011). Ennek ellenére a mozgáselemző rendszerek a terápia hatékonyságának átfogó értékelésére mint noninvazív módszerek jól használhatók (Harlick és mtsai 2007, Schmid és mtsai 2015, Snider és mtsai 2011).

Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel statikus testtartást jellemző gerincgörbületi szögeket ismereteink szerint tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel még nem vetették össze, azaz a rendszer hitelesítése nem történt meg.

1.2.3. Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékének meghatározása noninvazív mozgásvizsgáló rendszerekkel

A genetikai és az örökletes faktorok jelenlétét a scoliosisban ikervizsgálatokkal már bizonyították (van Rhijn és mtsai 2001). A sagittalis síkú görbületek kialakulásában örökletes tényezőket szintén feltételeznek (Janssen és mtsai 2013). A sagittalis görbületek fontos szerepet játszanak a gerinc stabilitásában, és különös figyelmet érdemelnek a gerincdeformitások kialakulása és azok progressziója során is (Janssen és mtsai 2013). A helyes testtartás felvételéhez a gerinc és a medence körüli izmok egyensúlya elengedhetetlen. Helyes testtartású gyermekeknél és felnőtteknél ennek a megtartása minimális energiabefektetést igényel (Ghandhari és mtsai 2013). A gyermekek fejlődése során három olyan időszak van, amelyekben kifejezetten gyors növekedés feltételezhető (6–24 hó, 5–8 év, 11–14 év). Ezekben az időszakokban a végtagok megnyúlnak, a gerinc hosszirányban növekszik, ilyenkor a gerincdeformitások kialakulásának kockázata nagy. A pubertáskori gyors növekedés a lányoknál megközelítőleg 13 éves, fiúknál 15 éves korukig tart, azaz a lányok érése körülbelül 1,5–2 évvel hamarabb indul, mint a fiúké (Charles és mtsai 2006, Cumming és mtsai 2014, Dolphens és mtsai 2013). A pubertáskori növekedés folyamatát és a gerinc alakjának (görbületeinek) változását szűrővizsgálat jelleggel ajánlott figyelemmel kísérni. A funkcionális gerincdeformitásokra jellemző, hogy nincs strukturális eltérés a gerincen, tartási rendellenességnek tekinthetők. Ha a funkcionális gerincdeformitás csak a sagittalis síkban jelentkezik, akkor kétdimenziós gerinc deformitásról beszélünk, ha érinti a frontalis síkot is, akkor háromdimenziós a gerincdeformitás (2. táblázat) (Szendrői 2009). A nemzetközi irodalomban nincs egységes fogalomrendszer a hanyag testtartásra és különböző altípusaira. Ebből adódik, hogy a hazai gyakorlatban a hanyag testtartást egy klinikai állapotnak tekintjük, azonban egységes BNO (Betegségek Nemzetközi Osztályozása) kódja nincs.

2. táblázat

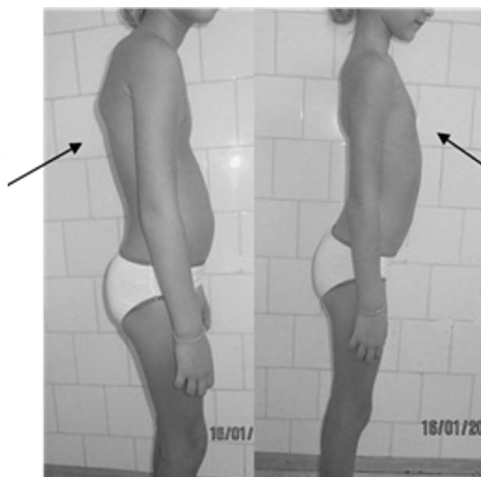
Funkcionális gerincdeformitások felosztása (Szendrői 2009)

A funkcionális gerincdeformitások 2 dimenziós és 3 dimenziós csoportba sorolhatók

Funkcionális gerincdeformitások	
Sagittalis síkú (2 dimenziós)	Térbeli (3 dimenziós)
<p>fokozott háti görbülettel járó:</p> <ul style="list-style-type: none"> – hanyag testtartás (prevalenciája 22-65 % a gyermekek és a pubertások között) (Ludwig és mtsai 2016) <ul style="list-style-type: none"> • domború hát • nyerges hát <p>fokozott ágyéki görbülettel járó:</p> <ul style="list-style-type: none"> – tartási fokozott lordosis <p>ellapul háti kyphosissal és lumbalis lordosissal járó:</p> <ul style="list-style-type: none"> – lapos hát 	<ul style="list-style-type: none"> – tartási scoliosis – végtaghossz különbségből adódó scoliosis (1 cm alatti végtaghossz különbség előfordulása az átlag populációban 3-15 %) (Raczkowski és mtsai 2010) – gyöki irritációból adódó scoliosis – gyulladás okozta scoliosis

A leggyakrabban előforduló hanyag testtartásra jellemző, hogy a lapockák elállók, a vállak előreestettek, a has előredomborodó. A gyermek képes felvenni a helyes testtartást, de ennek megtartására csak rövid ideig képes (3. ábra).

hanyag testtartás:
– előreesett vállak
– elálló lapockák
– előredomborodó has



helyes testtartás:
– megtartása rövid
ideig kivitelezhető

3. ábra

Hanyag testtartás és helyes testtartás ugyanazon gyermek esetén

Felszólításra a gyermek a helytelen pozícióból kimozdul, a helyes testtartást felveszi, de ennek hosszabb ideig történő megtartása már nehézségekbe ütközik

A sagittalis síkú görbületek (háti kyphosis és ágyéki lordosis) normáltartományára nincs elfogadott határérték, mivel helyes testtartásnál és strukturális elváltozás nélküli esetekben röntgenfelvétel nem készíthető. Ennek ellenére az irodalomban a háti kyphosisra és ágyéki lordosisra találhatók olyan adatok, amelyeket egészséges személyekről készített (más, általában belgyógyászati indikáció esetén) röntgenfelvételeken határoztak meg (Berthonnaud és mtsai 2005, Ghandhari és mtsai 2013, Kamaci és mtsai 2015, Lee és mtsai 2011, Mac-Thiong és mtsai 2004, Mac-Thiong és mtsai 2007a). Az eredmények alapján megállapítható, hogy mind a háti kyphosis, mind az ágyéki lordosis ülve szignifikánsan kisebb, mint állva (Cil és mtsai 2005, Kamaci és mtsai 2015) (3., 4., 5., táblázat). Pantográfias eszközzel (noninvazív eszköz a gerinc sagittalis síkú görbületeinek meghatározására) történt utánkövetéses vizsgálat során fiúk esetén a pubertás és a fiatal felnőttkor között a háti kyphosis növekedését figyelték meg, míg lányok esetében a tendencia ezzel ellentétes volt (Poussa és mtsai 2005) (3., 4., 5., táblázat).

32. táblázat

Sagittalis síkú gerincgörbületek értékei irodalmi adatok alapján I.

Sagittalis síkú görbületek értékei egészséges, helyes testtartású gyermekek esetén (átlagértékek±szórás) (Berthonnaud és mtsai 2005, Mac-Thiong és mtsai 2004, Mac-Thiong és mtsai 2007a)

	Mac-Thiong és munkatársai 2004	Mac-Thiong és munkatársai 2004	Mac-Thiong és munkatársai 2004	Mac-Thiong és munkatársai 2007a	Mac-Thiong és munkatársai 2007a	Mac-Thiong és munkatársai 2007a	Berthonnaud és munkatársai 2005
<i>n</i>	180 (68 fiú 112 lány)	35	145	341	137 fiú	204 lány	160 (152 férfi 8 nő)
Kor (év)	12,0± 3,1	10 év alatt	10 év fölött	12,1± 3,3	12,1± 3,3	12,1± 3,3	25,7± 5,5
TK (°) átlag ±szórás	43,0± 10,4	38,3± 9,8	44,2± 10,3	44,0± 10,9	43,7± 12,3	44,1± 9,9	47,5± 4,8
LL(°) átlag ±szórás	48,5± 12,4	45,6± 12,1	49,2± 12,4	48,0± 11,7	46,6± 10,8	48,8± 12,2	42,7± 5,4
Testhelyzet	álló	álló	álló	álló	álló	álló	álló

Megjegyzés: TK: thoracalis kyphosis; LL: lumbalis lordosis;

n: a vizsgált gyermekek száma

4. táblázat

Sagittalis síkú gerincgörbületek értékei irodalmi adatok alapján II.

Sagittalis síkú görbületek értékei egészséges, helyes testtartású gyermekek esetén
(átlagértékek±szórás) (Cil és mtsai 2005, Kamaci és mtsai 2015)

	Kamaci és munka- társai 2015	Kamaci és munka- társai 2015	Kamaci és munka- társai 2015	Kamaci és munka- társai 2015	Cil és munka- társai 2005	Cil és munka- társai 2005	Cil és munka- társai 2005	Cil és munka- társai 2005
<i>n</i>	33 (14 fiú 19 lány)	29 (14 fiú 15 lány)	29 (20 fiú 9 lány)	33 (21 fiú 12 lány)	51 (25 fiú 26 lány)	37 (21 fiú 16 lány)	32 (18 fiú 14 lány)	31 (15 fiú 16 lány)
Kor (év)	3–6	7–9	10–12	13–17	3–6	7–9	10–12	13–15
<i>TK</i> (°) átlag ±szórás	34,4± 11,4	33,9± 9,9	32,9± 9,7	28,5± 10,6	44,9± 11,4	47,8± 10,5	45,8± 10,6	53,3± 9,1
<i>LL</i> (°) átlag ±szórás	-9,9± 4,6	-15,1± 17,7	-26,1± 15,5	-27,8± 13,8	-44,3± 11,0	-51,7± 11,5	-57,3± 10,0	-54,6± 9,8
Testhelyzet	ülő	ülő	ülő	ülő	álló	álló	álló	álló

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis;

n: a vizsgált gyermekek száma

A *TK* pozitív előjelet, az *LL* negatív előjelet kapott
a referenciaponttól való anterior vagy posterior irányú elhelyezkedés alapján

5. táblázat

Sagittalis síkú gerincgörbületek értékei irodalmi adatok alapján III.

Sagittalis síkú görbületek értékei egészséges, helyes testtartású gyermekek esetén (átlagértékek±szórás) (Ghandhari és mtsai 2013, Lee és mtsai 2011, Poussa és mtsai 2005)

	Poussa és munkatársai 2005	Poussa és munkatársai 2005	Poussa és munkatársai 2005	Poussa és munkatársai 2005	Poussa és munkatársai 2005	Poussa és munkatársai 2005	Ghandhari és munkatársai 2013	Lee és munkatársai 2011
<i>n</i>	514 (lány)	428 (lány)	208 (lány)	545 (fiú)	473 (fiú)	222 (fiú)	98 (50 fiú 48 lány)	86 (54 fiú lány)
Kor (év)	11	13	22	11	13	22	13,6± 2,9	28,19 (19–39)
<i>TK</i> (°) átlag ±szórás	26,6± 8,9	29,5± 9,8	26,1± 8,9	27,8± 8,5	30,9± 10,4	33,7± 9,6	37,1± 9,9	32,0± 9,2
<i>LL</i> (°) átlag ±szórás	38,7± 8,8	37,0± 8,7	37,8± 8,1	36,9± 8,4	35,8± 8,0	34,6± 8,6	39,6± 12,4	49,6±9,6
Testhelyzet	álló	álló	álló	álló	álló	álló	álló	álló

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis;

n: a vizsgált gyermekek száma

A 2., 3. és 4. táblázatban összefoglalt értékek összevetését nehezíti, hogy a kyphosis és a lordosis fogalma nem egységesen definiált. Az *LL* szög definíciója az ágyéki 1. (L1) csigolya felső zárólemeze és az ágyéki 5. (L5) csigolya alsó zárólemeze fektetett egyenesek által bezárt szög (Cobb módszer sagittalis síkban). A kyphosis meghatározása már bonyolultabb. Az irodalomban a háti 12. csigolya (Th12) szinte minden esetben állandó, de a kyphosis cranialis végpontja nem egységes. Ezt minden esetben az határozza meg, hogy a röntgenfelvételen melyik az a thoracalis csigolya, amelyiket pontosan lehet vizualizálni. *TK* szöggént Schlösser és munkatársai valamint Lee és munkatársai a Th4–Th12 csigolyák zárólemeze, míg Boseker és munkatársai a Th2–Th12 csigolyák zárólemeze fektetett egyenesek által bezárt szöget definiálta (Boseker és mtsai 2000, Lee és mtsai 2011, Schlösser és mtsai 2014).

Stagnara és munkatársai szerint a szokásostól eltérő gerincgörcsület megnevezés helytelen, mivel a görbületek egyensúlyát kell figyelni, amely nemcsak normál tartományba eső gerincgörcsületekkel, hanem az azon kívül eső görbületekkel is lehetséges (Stagnara és mtsai 1982). Hanyag testtartású gyermekek a testük egyensúlyát a szokásostól eltérő görbületekkel érik el. Ezeknél az eseteknél a röntgenfelvétel készítése nem megengedett, ilyenkor a noninvazív, alternatív vizsgálati lehetőségek közül kell választani. Ennek megfelelően dolgozatomban a helyes testtartás és a hanyag testtartás kifejezést használjuk (3. ábra).

A mai ortopédiai gyakorlatban a helyes testtartás és a hanyag testtartás diagnózisát fizikális vizsgálattal állítjuk fel. Ilyen esetekben nem elfogadott a röntgenfelvétel készítése, így a noninvazív mozgásvizsgáló rendszereknek a sagittalis síkú görbületek meghatározásában kiemelten fontos szerepük van. Az irodalomban nem ismert olyan adatbázis, amely a helyes testtartású és a hanyag testtartású gyermekek gerincgörcsület értékeit összefoglalóan megadja a nemek, a testmagasság és az életkor figyelembevételével.

1.2.4. A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra

Az egyensúly fenntartása dinamikus, a központi idegrendszer által irányított folyamat, amelyet vizuális, vestibularis és ortopédiai elváltozások befolyásolhatnak (Pauk és mtsai 2010)]. A definíció szerint állás során az egyensúly (vagy statikus testtartás) az a képesség, amellyel adott körülmények között és adott helyzetben a test

"mozdulatlanul" tud maradni, azaz a tömegközéppont (COM) mozgását stabilizálni és minimalizálni képes (Hasan és mtsai 1996, Panzer és mtsai 1995).

A fordított ingaelv alkalmazásával igazolható, hogy állás közben a COM mozgása a nyomásközéppont (COP) mozgásával jellemezhető (Hasan és mtsai 1996). Állás közben a COP elmozdulása a talajreakcióerőkből kiszámítható, ami a testtartást nyugalmi álló helyzetben jellemzi. A kétdimenziós nyomásközéppont (center of pressure: COP) koordinátákból a mérési intervallum során számos COP-paraméter számítható (Scoppa és mtsai 2013). Az irodalomban a tartás és az állásstabilitás jellemzésére a gyermekek és a fiatalok esetében a posture index (*PI*) is használatos, amely a C7 csigolyából kiinduló függőleges egyenestől számszerűen megadja a meghatározott anatómiai képletek távolságát. Több kutatás alátámasztotta, hogy különböző gerincelváltozásban szenvedő gyermekek és fiatalok *PI* értéke szignifikánsan eltér a helyes testtartású gyermekekétől, azaz az egyensúlyozó képesség romlik (El Fegoun és mtsai 2005, Glassman és mtsai 2005, Jackson és mtsai 1998). A hanyag testtartás gyermek- és fiatal felnőttkorban jól ismert probléma, amely a felnőttkorban jelentkező degeneratív gerincelváltozásokkal együtt járó panaszokat fokozhatja (Aggarwal és mtsai 2013, Schmidt és mtsai 2014). A hanyag testtartás a leggyakoribb kétdimenziós gerincdeformitás. A gerincen a kóros görbület csak a sagittalis síkban látható. A hanyag testtartásnál a gerincen nincs strukturális eltérés, így a gyermek képes rövid ideig a normális testtartás fenntartására. A gyermek képes a helytelen pozícióból kimozdulni, de annak megtartására hosszú távon nem képes. A testtartásban jelentkező kis eltéréseket a szabályozórendszer a visszacsatolás útján korrigálja (Bottaro és mtsai 2005, Collins és De Luca 1995). Ezt a szabályozást a test alátámasztását biztosító alsó végtagok teszik lehetővé (Morasso és Schieppati 1999).

A noninvazív vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a testtartás a gerincgörbületek értékét (thoracalis kyphosis (*TK*) és lumbalis lordosis (*LL*), teljes törzsdőlés (*TTI*) és oldalirányú dőlés (*LI*) és a poszturális indexet is (*PI*) jelentősen befolyásolja (Ludwig és mtsai 2016, Takács és mtsai 2015b).

Gyermekeknél 6 és 14 év között (289 fő, 174 fiú, 115 lány) mind csukott, mind nyitott szemmel az egyensúlyozó képesség javult az életkor előrehaladtával (Barozzi és mtsai 2014). A 9 és 10 éves fiúknál (30 fiú, 30 lány) a COP mediolateralis és anteroposterior kilengése szignifikánsan nagyobb, mint a lányoknál (Nolan és mtsai 2005). A hangos

olvasás, a visszafelé számlálás és a különböző színes vizuális élményekkel párhuzamosan végzett stabilitásvizsgálatok eltérő eredményt mutattak gyermek-, pubertás- és felnőttkorban (A COP-felület átlagos nagysága visszafelé számlálásnál 12–13 éves fiúknál: 156,2 mm², lányoknál: 135,57 mm², 14–15 éves fiúknál: 123,27 mm², lányoknál: 241,42 mm², 16–17 éves fiúknál: 30,71 mm², lányoknál: 35,68 mm², felnőttek esetében férfiaknál: 107,41 mm² nőknél: 20,87 mm²) (Blanchard és mtsai 2005, Olivier és mtsai 2010, Palluel és mtsai 2010). Egyes kutatók szerint a kognitív feladatok nehézségének növekedésével a statikus egyensúlyozó képesség romlik, mivel a két feladat „verseng egymással”. Álló helyzetben végzett matematikai műveletek során felnőttek (19 idős és 20 fiatal felnőtt) esetén nagyobb COP elmozdulást találtak mint amikor nem volt irányított kognitív feladat $F(1,18)= 4,78, p < 0,05, \eta^2p = 0,21$ (F = csoportok közötti variancia) (Huxhold és mtsai 2006). Nagyobbnak találták a COP marginális, teljes területét is $F(1,19)= 3,16, p = 0,09, \eta^2p = 0,15$, mint amikor csak álló helyzetben felvillanó számok olvasását kérték (Huxhold és mtsai 2006, Lacour és mtsai 2008, Shumway-Cook és mtsai 1997)

Ludwig és munkatársainak kutatása alapján PI és a COP által megtett út hossza között Pearson-féle korrelációs együttható (r) nem szignifikánsan kicsi ($r = -0,029$) A kutatása bizonyította, hogy a helyes és a hanyag testtartású gyermekek között a 20 másodperces, két lábon, nyitott szemmel történő állás közben a COP által megtett út hossza nem mutatott szignifikáns különbséget (Ludwig 2017).

Az irodalomkutatás eredményei azt mutatják, hogy a hanyag testtartás hatásának elemzése az állásstabilitásra gyermekek esetén nem széles körben kutatott terület. Az egyensúlyozó képesség folyamatos fejlődésével az egyensúlyozó képességet jellemző paraméterek (COP maximális kitérése AP és ML irányba, COP által bejárt terület, a COP átlaghelyzetétől való eltérés négyzetes középértéke AP és ML irányba, COP sebessége AP és ML irányba, a COP átlagsebességétől való eltérés négyzetes középértéke AP és ML irányba) gyermekkorban szignifikánsan változnak (Verbecque és mtsai 2016).

Az irodalomkutatás alapján a hanyag testtartás befolyásolhatja az állás közbeni egyensúlyozó képességet, de ezzel kapcsolatos részletes vizsgálatot nem találtunk az irodalomban.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A kutatásom fő célja annak megállapítása, hogy a gyermekkori hanyag testtartás hogyan befolyásolja a gerinc görbületeit és az egyensúlyozó képességet. A kutatás része a Zebris noninvazív gerincvizsgáló módszer hitelesítése helyes testtartású és gerincferdüléssel kezelt gyermekek esetén, valamint a gerincgörbületek normálértékeinek meghatározása. A kutatás megkezdésekor az alábbi célokat tűztem ki a vizsgálatba bevont gyermekek esetében:

1. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén.
2. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel scoliosisban szenvedő gyermekek esetén.
3. Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel (az életkor és a testmagasság hatásának elemzése a gerinc sagittalis síkú görbületeire).
4. Gyermekkori hanyag testtartás hatásának vizsgálata az állásstabilitásra.

3. VIZSGÁLT SZEMÉLYEK, MÓDSZEREK

Vizsgálatainkat több csoporton végeztük el.

- A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata 20 helyes testtartású gyermek és 23 scoliosisban szenvedő lány részvételével történt (3.1. fejezet)
- A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel 19 scoliosissal kezelt gyermek részvételével történt (3.2. fejezet)
- Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel 129 alsó tagozatos gyermek részvételével történt (3.3. fejezet)
- Gyermekkori hanyag testtartás hatásának a vizsgálata az állásstabilitásra 113 helyes testtartású és 68 hanyag testtartású gyermek részvételével történt (3.4. fejezet)

A vizsgálatokat a szolnoki MÁV Kórház Intézeti Kutatás Etikai Bizottsága engedélyezte (száma: FI/5-93/2007). A résztvevők szülei a beleegyező nyilatkozatok aláírását megelőzően minden esetben részletes szóbeli és írásbeli felvilágosítást kaptak.

3.1. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén

A megbízhatósági vizsgálatot fizikális ortopédiai vizsgálat alapján helyes testtartásúnak ítélt és scoliosissal kezelt gyermekek részvételével végeztük el. A beválogatás kritériumai a 6. táblázatban láthatók. A helyes testtartású csoportba 20 főt vontunk be, ebből 3 gyermeket (2 fiú, 1 lány) tartási rendellenesség, 2 gyermeket (1 fiú, 1 lány) a második kontroll hiánya miatt kizártunk (7. táblázat).

6. táblázat

A vizsgálatba történő beválogatás kritériumai a különböző testtartáscsoportok esetén

A helyes testtartású, hanyag testtartású, scoliosisban szenvedő gyermekek részletes beválogatási kritériumai

Helyes testtartás	<ul style="list-style-type: none">– szimmetrikus mellkas– szimmetrikus vállak– szimmetrikus lapockák– frontális síkban a gerinc vonala egyenes, nincs oldalirányú görbület– törzs anteflexioban teljes szimmetria, bordapúp hiánya– alsóvégtag-hossz egyenlő
Hanyag testtartás	<ul style="list-style-type: none">– elálló lapockák– előreesett vállak– előredomborodó has– a gyermek képes felvenni a helyes testtartást, de ennek megtartására csak rövid ideig képes
Scoliosis	<ul style="list-style-type: none">– konzervatív módon kezelt és röntgenfelvétellel igazolt scoliosis– fizikális vizsgálattal frontális síkban a gerinc vonalán oldalirányú görbület látható– törzs anteflexioban aszimmetria és bordapúp

A scoliosisban kezelt gyermekek csoportjába a beválogatás feltételei: konzervatív módon kezelt és röntgenfelvétellel igazolt scoliosis (6. táblázat). A kizárás feltételei: igazolt végtaghosszkülönbség vagy ismert egyéb gerincelváltozás (spina bifida, hemivertebrák etc.), korábbi gerincműtét. A vizsgálatba 23 scoliosisban kezelt lányt vontunk be. A vizsgálatból két lányt kizártunk, mivel a második vizsgálaton nem jelentek meg (7. táblázat).

7. táblázat

A vizsgálatba bevont gyermekek antropometriai adatai

A 4 különböző vizsgálatba bevont gyermekek antropometriai adatai testtartáscsoportok és nemek szerinti csoportosításban láthatók (átlag± szórás, minimum, maximum)

Zebri gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén (3.1. fejezet) (n= a gyermekek száma)					
	<i>n</i>		átlag± szórás	minimum	maximum
Helyes testtartás	15 (12 fiú, 3 lány)	életkor (év)	9,7±0,5	9,0	10,0
		testtömeg (kg)	36,1±8,0	29,0	53,0
		testmagasság (cm)	142,7±7,4	133,0	159,0
Scoliosis	23 (lány)	életkor (év)	13,7±4,1	9,0	17,0
		testtömeg (kg)	48,4±13,8	35,0	62,0
		testmagasság (cm)	169,4±14,1	152,0	183,0
Zebri ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel (ld. a 3.2. fejezetet)					
Scoliosis	19 (2 fiú, 17 lány)	életkor (év)	14,5±2,1	8,0	16,0
		testtömeg (kg)	50,5±10,6	30,0	67,0
		testmagasság (cm)	165,4±11,1	140,0	182,0

7. táblázat folytatása

A vizsgálatba bevont gyermekek antropometriai adatai

Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel (3.3. fejezet)					
Lányok					
	<i>n</i>		átlag± szórás	minimum	maximum
Helyes testtartás	336	életkor (év)	9,66±1,6	6,0	14,0
		testtömeg (kg)	40,11±11,7	20,0	81,0
		testmagasság (cm)	144,18±11,4	117,0	174,0
Hanyag testtartás	230	életkor (év)	9,54±1,8	6,0	14,0
		testtömeg (kg)	36,17±11,1	13,0	72,0
		testmagasság (cm)	145,44±12,8	116,0	177,0
Fiúk					
Helyes testtartás	194	életkor (év)	10,00±1,6	7,0	15,0
		testtömeg (kg)	39,78±10,4	21,0	69,0
		testmagasság (cm)	146,10±11,4	122,0	176,0
Hanyag testtartás	164	életkor (év)	9,83±1,6	6,0	14,0
		testtömeg (kg)	36,76±14,9	21,0	192,0
		testmagasság (cm)	144,62±12,3	120,0	187,0
A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra (3.4. fejezet)					
Lányok					
Helyes testtartás	73	életkor (év)	10,73±1,2	9,0	13,0
		testtömeg (kg)	50,77±23,1	27,8	73,8
		testmagasság (cm)	145,96±25,2	130,8	171,1
Hanyag testtartás	46	életkor (év)	10,67±1,3	9,0	13,0
		testtömeg (kg)	42,54±11,7	30,83	54,3
		testmagasság (cm)	153,43±9,6	143,85	163,0
Fiúk					
Helyes testtartás	40	életkor (év)	10,78±1,0	9,0	13,0
		testtömeg (kg)	41,85±9,2	32,6	51,1
		testmagasság (cm)	151,08±7,4	143,7	158,5
Hanyag testtartás	22	életkor (év)	10,82±1,0	10,0	13,0
		testtömeg (kg)	39,91±8,9	30,9	48,8
		testmagasság (cm)	149,91±11,5	138,4	161,4

3.2. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel

A vizsgálatba a szolnoki MÁV Kórház Ortopédiai szakrendelésének beteganyagából 19 (2 fiú és 17 lány) scoliosissal kezelt gyermeket vontunk be (8. táblázat). A beválogatás kritériumai a 6. táblázatban láthatók. A kizárás feltételei: igazolt végtaghosszkülönbség vagy ismert egyéb gerincelváltozás (spina bifida, hemivertebrá stb.), korábbi gerincműtét. 2 gyermek frissen felismert eset volt, a többi 17 gyermeket évek óta konzervatív módon gyógytornával kezeltünk, állapotukat rendszeresen ellenőriztük (8. táblázat).

8. táblázat

**A scoliosissal kezelt és a vizsgálatba bevont 19 gyermek
részletes antropometriai adatai**

Az adatokat egyénre szabottan határoztuk meg, a BMI percentilis és a Lenke-féle beosztást irodalmi adatoka alapján állapítottuk meg.

Azonosító	Nem	Kor (év)	Testmagasság (cm)	Testtömeg (kg)	Body Mass Index (BMI)		Lenke-féle beosztás (Lenke és mtsai 2001)
					(kg/m ²)	BMI percentilis (Ogden és mtsai 2002, Ogden és Flegal, 2010)	
1	lány	15	163,0	53,0	19,90	51	3
2	lány	15	178,0	58,0	18,30	28	1
3	lány	16	175,0	63,0	20,60	54	3
4	lány	13	164,0	48,0	17,80	35	1
5	lány	16	166,0	55,0	20,00	46	3
6	lány	16	176,0	60,0	19,40	37	3
7	fiú	13	177,0	55,0	17,60	33	1
8	fiú	11	140,0	30,0	15,30	14	1
9	lány	16	159,0	44,0	17,40	14	3
10	lány	14	148,0	32,0	14,60	32	1
11	lány	14	162,0	47,0	18,30	34	1
12	lány	15	173,0	60,0	20,00	52	1
13	lány	14	165,0	54,0	19,80	55	1
14	lány	16	170,0	48,0	16,60	6	1
15	lány	16	182,0	54,0	16,30	5	3
16	lány	16	162,0	42,0	16,00	5	1
17	lány	16	168,0	67,0	23,70	80	3
18	lány	16	167,0	58,0	20,80	57	1
19	lány	8	147,0	32,0	14,80	21	1

3.3. Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel

A vizsgálatba két általános iskolából választottuk ki a gyermekeket, akik általános képzésű osztályokba jártak és heti 5 alkalommal vettek részt iskolai testnevelésórán, valamint kiemelt óraszámú zenei képzésben részesültek. Heti két alkalomnál nagyobb számban egyik gyermek sem végzett sporttevékenységet az iskolai kereteken kívül. Két első, két második, két harmadik és két negyedik osztályos évfolyam vizsgálatával kezdtük meg a felmérést. Az ortopédiai vizsgálat alapján a gyermekeket két fő csoportba (helyes testtartású, hanyag testtartású) soroltuk. A beválogatás kritériumai a 6. táblázatban láthatók. Kizárási kritériumok: az ismert scoliosis, Scheuermann kór és lúdtalp. A vizsgálatokat félévente megismételtük, 4 év alatt összesen nyolc alkalommal. A nyolc mérés alkalmával 924 mérést végeztünk, a vizsgált esetek száma és a csoportok szerinti összesítések a 9. táblázatban láthatóak. Az 530 helyes testtartású (194 fiú, 336 lány), a 394 hanyag testtartású (164 fiú, 230 lány) gyermek mérési adataihoz tartozó antropometriai adatok a 7. táblázatban láthatók nemek szerinti bontásban.

9. táblázat

Iskoláskorú gyermekek körében végzett nyolc vizsgálat során elvégzett mérések száma

Az adatokat testtartás csoportokra bontva adtuk meg

Csoportok/ vizsgálat száma	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Összesen
Helyes testtartás	75	65	60	57	75	70	63	65	530
Hanyag testtartás	54	56	51	55	44	43	49	42	394
Összesen	129	121	111	112	119	113	112	107	924

3.4. A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra

A beválogatáson 347 gyermek (102 fiú, 245 lány) vett részt. A beválogatás kritériumai a 6. táblázatban láthatók. A kizárási kritériumok alapján 12 gyermeket (5 fiú, 7 lány) műtét vagy korábban elszenvedett also végtagi sérülés miatt, 24 gyermeket (6 fiú, 18 lány) scoliosis vagy Scheuermann-betegség miatt, 91 gyermeket (81 fiú, 10 lány) lúdtalp miatt, 28 gyermeket (12 fiú, 16 lány) egyéb lábdeformitás miatt, 3 gyermeket (2 fiú, 1 lány) korábban lezajlott oxigénhiányos állapot miatt, látási és vesztibuláris betegség miatt, 2 (1 fiú, 1 lány) gyermeket több, mint ± 5 dioptriás látási korrekció miatt és 6 gyermeket (6 lány) rendszeres stabilitást javító sporttevékenység végzése miatt zártunk ki. A beválogatási kritériumoknak megfelelő 181 gyermek két csoportot alkotott (7. táblázat): 113 helyes testtartású (40 fiú, 73 lány) és 68 hanyag testtartású (22 fiú, 46 lány).

MÓDSZEREK

A komplex vizsgálathoz szükséges mérőberendezések a mozgásszervi szakkórházként működő, Szolnoki MÁV Kórház és Rendelőintézet Biomechanikai Laboratóriumában álltak rendelkezésre.

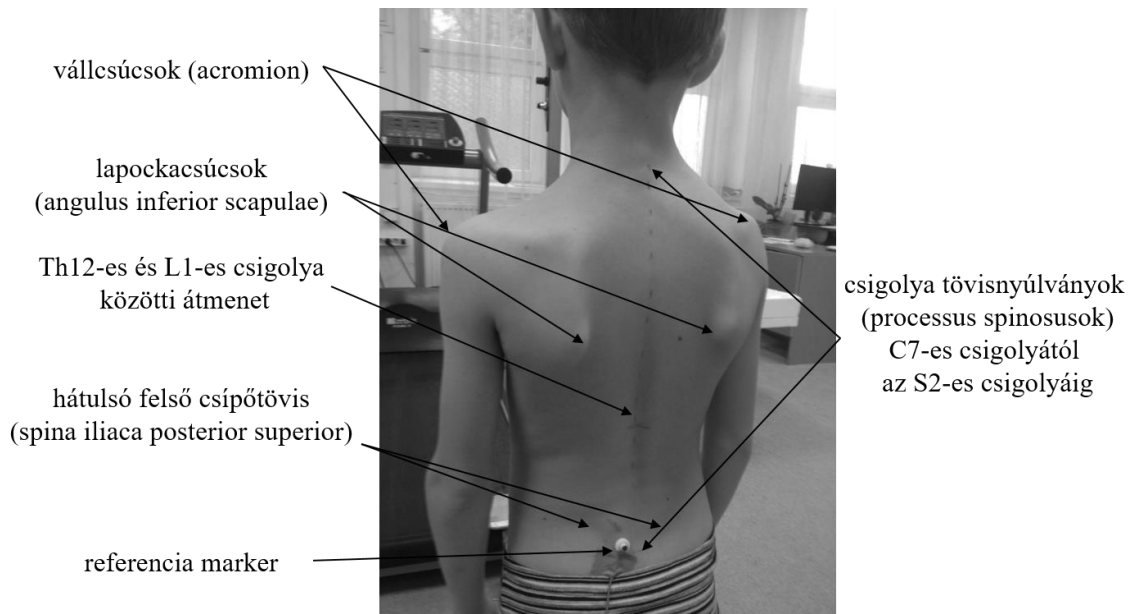
3.5. Fizikális ortopédiai vizsgálat

A klinikai fizikális vizsgálatokat ortopéd szakorvos vezetésével a Biomechanikai Laboratóriumban végeztük. A szakorvosi lelet minden esetben kitért a testtartás jellemzőire és a láb állapotára:

- mellkasaszimmetria,
- vállak és lapockák helyzete,
- sagittalis síkú gerincgörbületek megfigyelése,
- frontalis síkú gerincgörbületek jelenléte vagy hiánya,
- törzs anteflexioban bordapúp vagy egyéb aszimmetriák jelenléte vagy hiánya,
- a teljesség igényével minden esetben történt fizikális csípő- és térd vizsgálat is, valamint az Achilles ín és a calcaneus tengelyének megtekintése és a láb hossz- és harántboltozatainak megtekintése.

Az ortopéd szakorvosi fizikális vizsgálat minden esetben a Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel végzett vizsgálat előtt történt. A szakorvosi vizsgálat során minden alkalommal megtörtént a diagnózis felállítása, a beválasztási kritériumok ellenőrzése. Ezek alapján következett a különböző csoportokba való besorolás. Scoliossal kezelt betegek esetén az ortopéd szakorvosi vizsgálat része volt évenként egy alkalommal az álló helyzetű, kétirányú gerinc röntgenfelvételek készítése is.

A fizikális vizsgálat részeként speciális színes ceruzával bőrjelzéseket tettünk a törzsön a szoftver által meghatározott, jól tapintható csontos anatómiai képletekre (acromion, angulus inferior scapulae, spina iliaca posterior superior, háti 12. (Th12) és ágyéki 1. (L1) csigolya átmenete, processus spinosusok nyaki 7-től (C7) keresztcsonti 2-ig (S2) (4. ábra).



4. ábra

**A méréshez szükséges referencia és mérendő anatómiai képletek
kijelölése színes ceruzával**

Anatómiai pontok: acromion, angulus inferior scapulae, spina iliaca posterior superior, Th12-es és L1-es csigolya közötti átmenet, processus spinosusok C7-től S2-ig

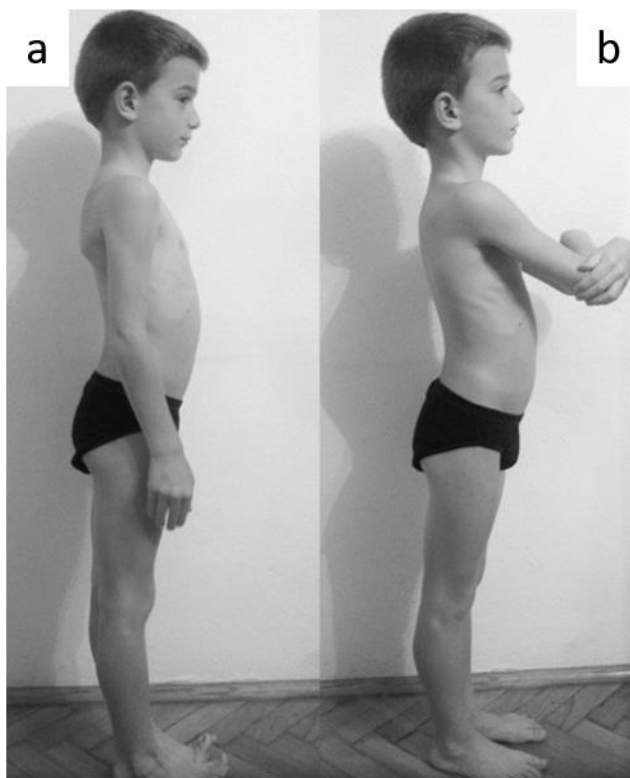
3.6. Radiológiai vizsgálat (csak scoliosissal kezelt gyermekeknél)

3.6.1. A méréshez használt eszközök bemutatása

A teljes gerincről tradicionális kétirányú, álló helyzetű (posterior-anterior és lateralis) digitalis röntgenfelvételek készültek a szolnoki MÁV Kórházban Siemens Luminous Fusion Digital X-ray (2015/31030) eszközzel.

3.6.2. A mérés menete

Posterior-anterior (PA) sugárirányú röntgenfelvétel elkészítése alkalmával a gyermekeket megkértük, hogy a vizsgálat alatt természetes egyenes testtartást vegyenek fel, a karjukat tartsák lazán a törzsük mellett (5a ábra) (Knott és mtsai 2014).



5. ábra

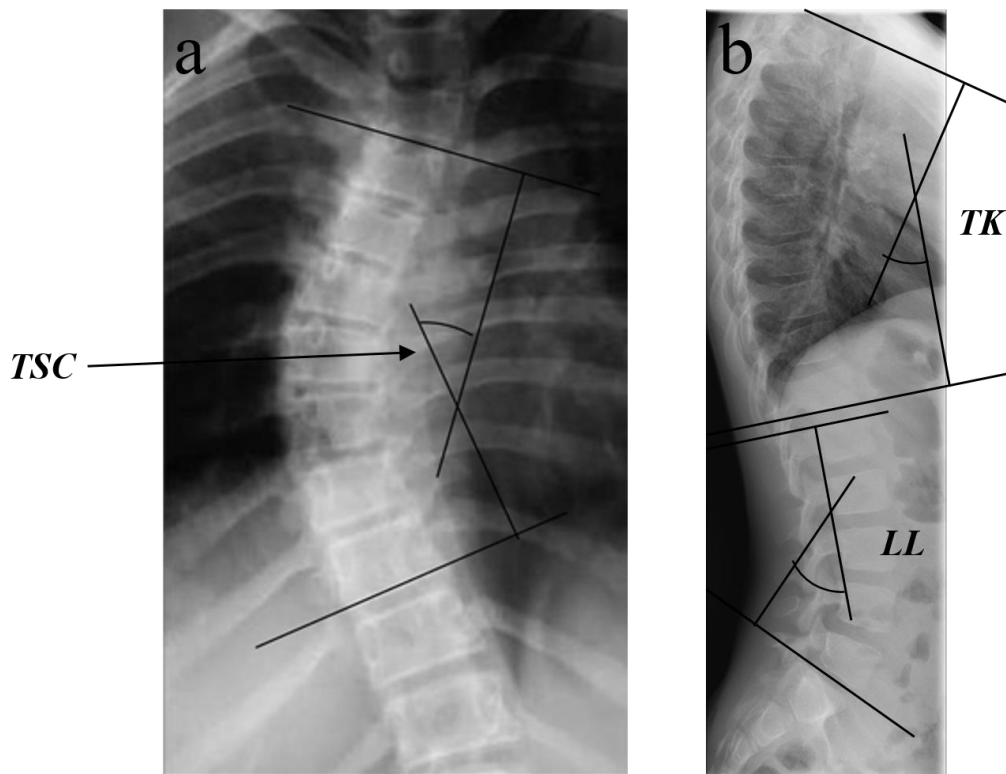
A gyermekek pozícionálása a röntgenfelvétel elkészítése során

a) Természetes egyenes tartású álló helyzet, a karok lazán a törzs mellett postero-anterior irányú röntgenfelvétel elkészítéséhez

b) Természetes egyenes tartású álló helyzet, karok 45°-ban előreemelt helyzetben, az ellentétes oldali könyök megfogása oldalirányú röntgenfelvétel elkészítéséhez

A sagittalis síkú görbületek értékeléséhez a röntgenfelvételek készítése során az oldalirányú röntgensugár balról jobbra irányult. A vizsgált gyermeket megkértük, hogy a karjait sagittalis síkban 45°-ban emelje előre, majd az ellentétes oldali könyökét a kezével fogja meg (Faro és mtsai 2004, Somoskeőy és mtsai 2012) (5b ábra).

A röntgenfelvételek kiértékelése során a Cobb-módszert használtuk (Mac-Thiong és mtsai 2003, Mac-Thiong és mtsai 2007b, Studer 2013, Vrtovec és mtsai 2009) (6. ábra). Sagittalis síkban a háti kyphosis és a lumbalis lordosis, valamint frontalis síkban a scoliosis mértékét lemértük (Negrini és mtsai 2015) (6. ábra).



6. ábra

Cobb-módszer alkalmazása kétirányú gerinc röntgenfelvételeken a frontalis és a sagittalis gerincgörbületek meghatározásához

a) a frontalis síkú gerincgörbületet határoló felső csigolya felső zárólemeze és az alsó csigolya alsó zárólemeze helyezett merőlegesek által bezárt szög kiegészítő szögének nagysága a scoliosis Cobb°-a

b) sagittalis síkú háti kyphosis és a lumbalis lordosis görbületeket határoló felső csigolya felső zárólemeze és az alsó csigolya alsó zárólemeze helyezett merőlegesek által bezárt szög kiegészítő szögének nagysága a háti kyphosis és a lumbalis lordosis Cobb°-a

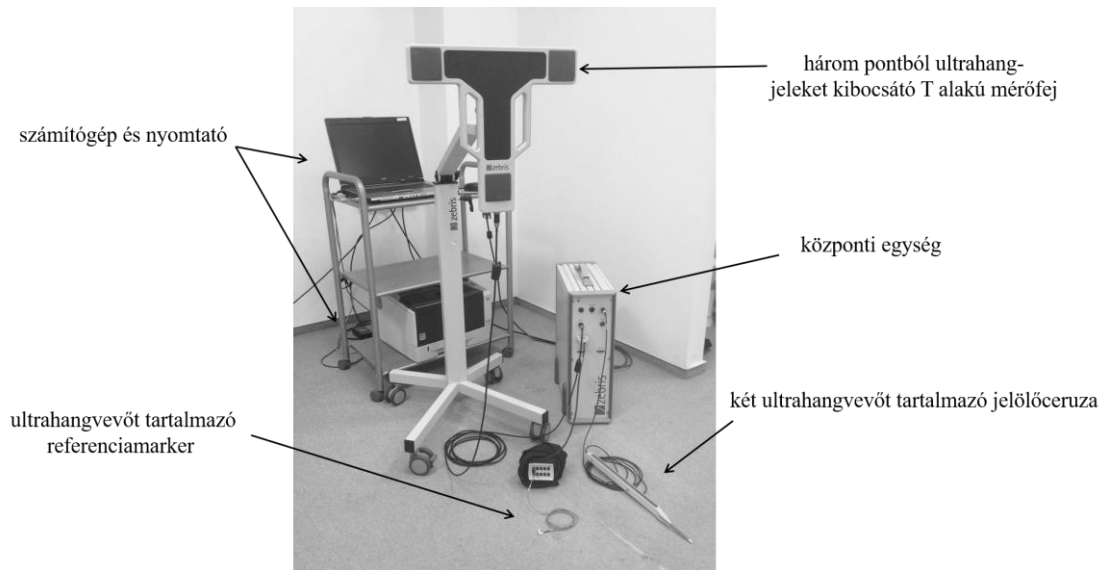
3.7. A gerinc alakját jellemző sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületek értékének meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel.

3.7.1. A méréshez használt eszközök bemutatása

A gerinc alakját jellemző szögértékek meghatározásához a processus spinosusok térbeli helyzetét, természetes, egyenes állás közben ultrahangalapú, Zebris CMS-HS mozgásvizsgáló rendszerrel (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) mértük, amelynek részei (7. ábra):

- három pontból ultrahangjeleket kibocsátó T alakú mérőfej,
- központi egység
- ultrahangalapú vevőt tartalmazó referenciamarker a medence mozgásainak kiszűrésére,
- két ultrahangalapú vevőt tartalmazó jelölőceruza az egyes anatómiai pontok megadásához,
- számítógép és nyomtató az adatok feldolgozásához és nyomtatásához.

A mérőfejben lévő érzékelők meghatározott időközönként ultrahangjeleket bocsátanak ki, amelyeket a vevők rögzítenek. A mérés frekvenciája 100 Hz. Az adott hőmérsékletnek megfelelő, ismert ultrahangsebességből és a mért terjedési időből minden egyes érzékelő és a mérőfej adói közötti távolság számítható. A vevők térbeli koordinátája a mérés minden időpillanatában a mérőfej három adójának térbeli koordinátáiból, valamint a vevők és a mérőfej három érzékelője közötti távolságból a háromszögelés módszerével számítható. A számítási módszer az összes érzékelő esetén elvégezhető. Az érzékelők térbeli helyzetét és ebből a csigolyák tövisnyúlványának (processus spinosus) térbeli helyzetét a WinSpine mérésvezérlő program (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) rögzíti és numerikusan tárolja (Zsidai és Kocsis 2006).



7. ábra

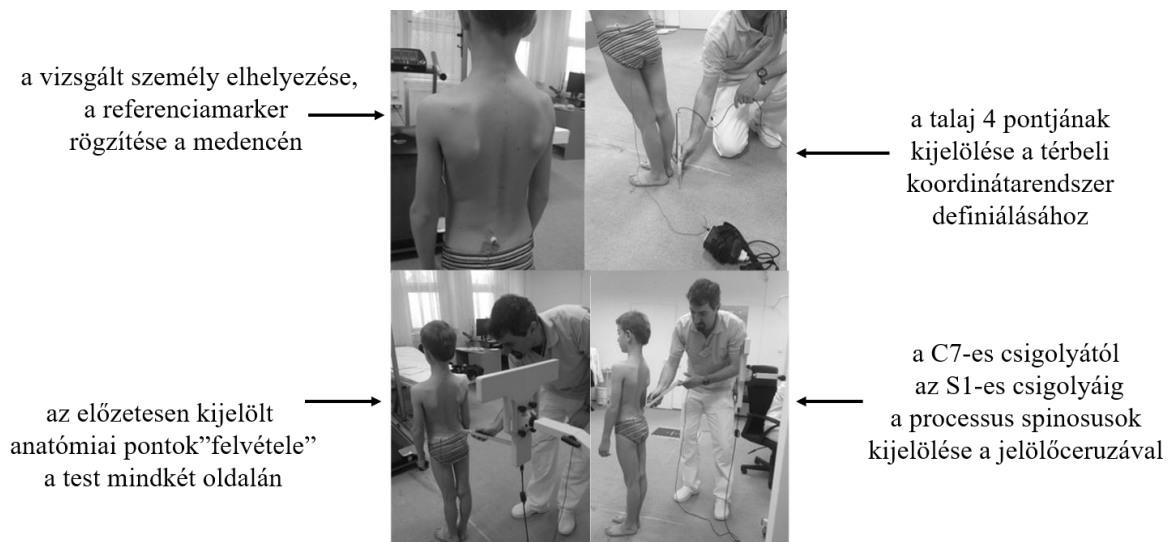
A Zebris CMS-HS ultrahangalapú mozgásvizsgáló rendszer részei

Számítógép és nyomtató, ultrahangvevőt tartalmazó referenciamarker, három pontból ultrahang-jeleket kibocsátó T alakú mérőfej, központi egység, két ultrahangvevőt tartalmazó jelölőceruza

3.7.2. A mérés menete, lépései (8. ábra)

- A vizsgált gyermekek a mérés során alsónadrágban voltak, és a laboratórium szőnyeggel fedett aljzatán nem viseltek sem cipőt, sem zoknit. A mérés megkezdése előtt felkértük a vizsgált gyermekeket, hogy a mérés időtartama alatt álló, egyenes tartást vegyenek fel. A mérés közben erre ismételtelen nem hívtuk fel a figyelmüket. A karjukat a törzs mellett tartották. Majd a vizsgált gyermekeket megkértük arra, hogy fejüket ne mozgassák, tekintetüket szemmagasságban tartsák. Arra nem kértük őket, hogy szorosan egy pontra koncentráljanak. A scoliosisos gyermekek esetén az ultrahangalapú mérést az oldalirányú röntgenfelvétel elkészítése során felvett pozícióval megegyező helyzetben (3.b ábra) is elvégeztük, amiben a karokat 45°-ban előreemelt helyzetben az ellentétes oldali könyök megfogásával kell tartani.
- A referenciamarker rögzítése a medencén jól tapintható csontos anatómiai képletre bőrbarát ragasztóval.

- A referenciamarker és a jelölőceruza kapcsolása speciális kábelekkel az adatgyűjtő egységhez.
- A vizsgált gyermek elhelyezése a mérőfej előtt, annak háttal fordulva.
- Kalibrálás: a talaj 4 pontjának a jelölőceruzával történő kijelölése, a globális koordináta-rendszer felvétele.
- A szoftver által megadott és előzetesen megjelölt anatómiai pontok „felvétele” a test mindkét oldalán (acromion, angulus inferior scapulae, spina iliaca posterior superior), valamint a Th12 és L1 csigolyaátmenet megadása a jelölőceruza segítségével.
- A gerinc alakjának „felvétele”: a processus spinosusokat a C7 csigolyától indulva az S1 csigolyáig egyenként jelöltük ki, amely eltér az irodalomban megszokott „végighúzó” módszertől (Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b; Viola és mtsai 2007, Zsidai és Kocsis 2006)



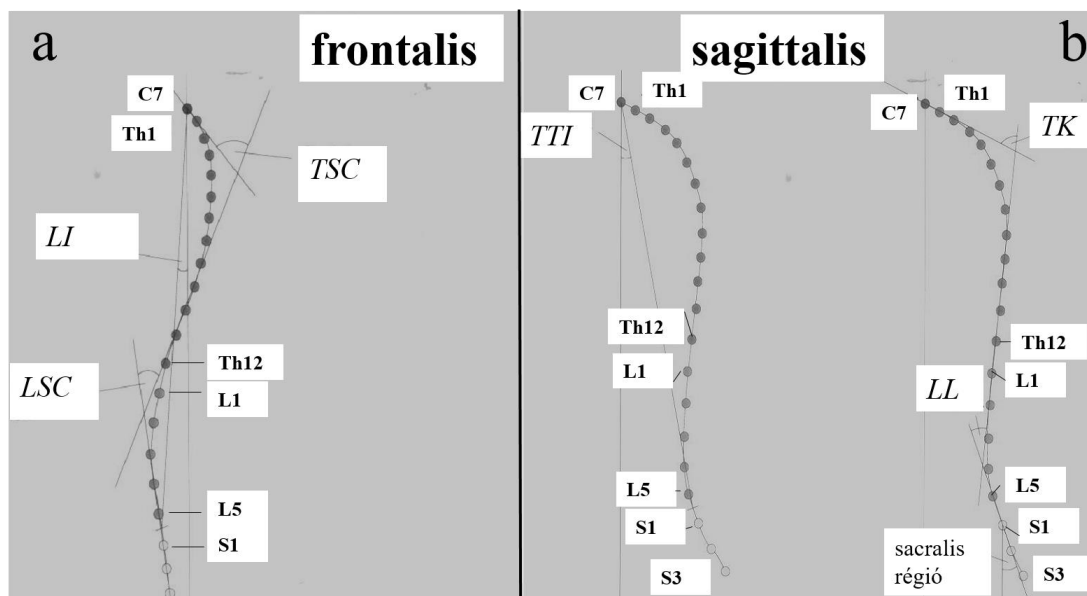
8. ábra

Az ultrahangalapú gerincvizsgálat lépései

a vizsgált személy elhelyezése, a referenciamarker rögzítése, a talaj 4 pontjának kijelölése, a C7-es csigolyától az S1-es csigolyáig a processus spinosusok kijelölése, az előzetesen kijelölt anatómiai pontok felvétele

3.7.3. A processus spinosusok térbeli helyzetéből számított szögértékek meghatározása

A Zebris gerincvizsgáló eszköz feldolgozóprogramja 19 processus spinosus térbeli (C7–S1) koordinátáját számolja és rögzíti. A továbbiakban nem a WinSpine saját görbületszámítási módszerét használtuk, hanem a kutatócsoportunk által fejlesztett MATLAB programot (MathWorks, Inc, 2016R), amellyel a 19 pontra spline módszerrel a sagittalis és a frontalis síkban egy-egy görbét illesztettünk (Jáger és mtsai 2018, Jáger és mtsai 2015). A gerinc görbületeit jellemző paraméterek a sagittalis síkban a háti kyphosis szöge (*TK*), amely a Th1 és Th12 csigolyák processus spinosusainál meghatározott érintők által bezárt szög- és a lumbalis lordosis szöge (*LL*), amely a Th12 és L5 csigolyák processus spinosusainál meghatározott érintők által bezárt szög (9. ábra).



9. ábra

A processus spinosusok térbeli helyzetéből számított szögértékek meghatározása frontalis síkban (a) és sagittalis síkban (b)

TSC: thoracalis scoliosis;

LSC: lumbalis scoliosis; LI: lateralis dőlés

TTI: teljes törzsdőlés;

TK: thoracalis kyphosis; LL: lumbalis lordosis

Megjegyzés: C7: cervicalis 7-es csigolya; Th1: thoracalis 1-es csigolya;

Th12: thoracalis 12-es csigolya; L1: lumbalis 1-es csigolya; L5: lumbalis 5-ös csigolya;

S1: sacralis 1-es csigolya

Schmid és munkatársai javaslata alapján a frontalis síkban a scoliosis görbületét jellemző paramétereket (*TSC* és *LSC*) a röntgenfelvételeken meghatározott, a görbületet határoló csigolyák processus spinosusainál meghatározott érintők által bezárt szögként értelmeztük (Schmid és mtsai 2015) (10. táblázat). A törzsdőlést mind a sagittalis (*TTI*), mind a frontalis (*LI*) síkban meghatároztuk, mint a C7-es csigolya és az L5 csigolya által meghatározott egyenes és a függőleges tengely által bezárt szög.

Schmid és munkatársai a lágyrészek vastagságának hatását radio-opaque marker alkalmazásával vizsgálták (Schmid és mtsai 2015). Saját vizsgálatunkban nem volt lehetőségünk ilyen vizsgálatok elvégzésére, így a lágyrészek hatására a BMI-érték és a gerincgörbületek közötti Pearson-féle korrelációs együtthatóval (*r*) következtettünk (Ogden és mtsai 2002, Ogden és Flegal 2010). A BMI-érték a rendelkezésre álló antropometriai adatokból kiszámítható, amelyből a BMI% a percentilis-táblázat használatával adható meg. A percentilis-táblázat azt mutatja meg, hogy az azonos nemű és korú gyermekek hány százaléka (BMI%) rendelkezik alacsonyabb BMI-értékkel, mint a vizsgált gyermek. 50 percentilis az átlagos testtömegindex (Ogden és mtsai 2002, Ogden és Flegal 2010).

10. táblázat

A processus spinosusok térbeli helyzetéből számított szögértékek meghatározása

A szögértékek meghatározása sagittalis és frontalis síkban thoracalisan és lumbalisan

	Thoracalisan	Lumbalisan	Törzsdőlés
Sagittalis síkban	thoracalis (háti) kyphosis (<i>TK</i>)	lumbalis (ágyéki) lordosis (<i>LL</i>)	teljes törzsdőlés (előre-hátra irányuló, sagittalis síkú dőlés) (<i>TTI</i>)
Frontalis síkban	thoracalis scoliosis (háti szakaszra eső oldalirányú görbület) (<i>TSC</i>)	lumbalis scoliosis (ágyéki szakaszra eső oldalirányú görbület) (<i>LSC</i>)	lateralis dőlés (oldalirányú-frontalis síkú dőlés) (<i>LI</i>)

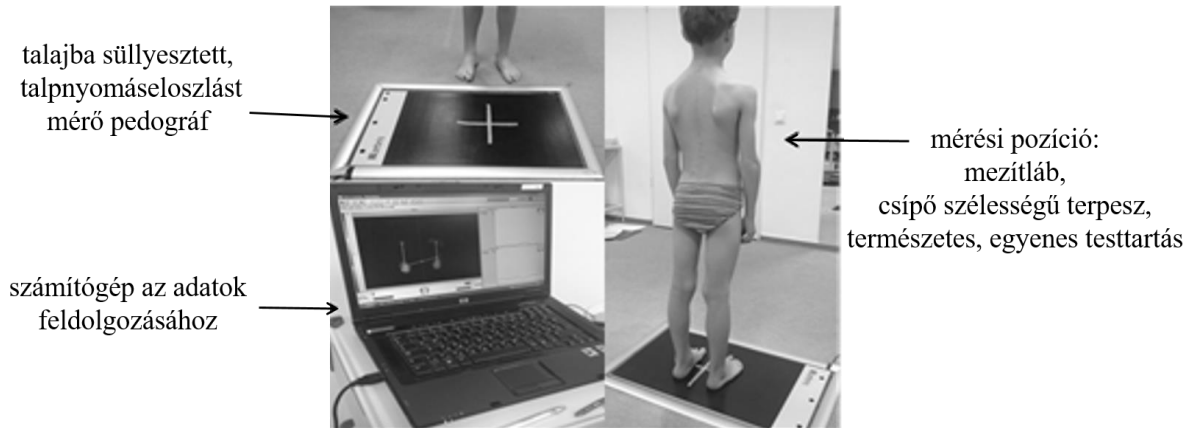
3.8. A gyermekkori hanyag testtartás hatásvizsgálata az állástabilitásra

3.8.1. A méréshez használt eszközök bemutatása

A statikus állás során a testsúly a két alsó végtag között oszlik meg, és egy lábon belül is mérhető a testsúly megoszlása. A talaj-reakcióerő az emberi testsúly által talajra kifejtett erővel ellentétes irányú, de azonos nagyságú erő, amelynek a mérésére erőplatót (pedográf) használtunk (Newton III. törvénye alapján). A talp alatti nyomás eloszlása az erőplatóba épített kapacitív erőmérő érzékelőkkel határozható meg, amely a talp egyes pontjainak az érzékelőkre kifejtett nyomását elektromos jellé alakítja. Az általunk használt Zebris PDM-S (Zebris GmbH, Isny, Germany) nyomáseloszlást mérő lap felülete 320x470 mm és összesen 1504 db kapacitív szenzort tartalmaz. A mérés frekvenciája a statikus vizsgálatnál 100 Hz.

3.8.2. A mérés menete, lépései

A Biomechanikai Laboratóriumban a pedográf eszköz talajba süllyesztve található. A statikus vizsgálat mérési ideje 60 másodperc. A vizsgálatot vezető kérésére a vizsgált gyermek mezítláb, csípő szélességű terpeszben állt, természetes, egyenes testtartást vett fel. A térdek nyújtott helyzetben, a sarkak egy vonalban helyezkedtek el, a lábak párhuzamosak voltak. A vizsgált gyermek a tekintetét szemmagasságban tartotta, és megközelítőleg 3 m távolságban lévő, fehér felületen elhelyezett fekete jelre összpontosított (Chiari és mtsai 2002). (A vizsgálatot csak nyitott szemmel végeztük el) (10. ábra).



10. ábra

Talpnyomáseloszlás mérése

A mérés a talajba süllyesztett pedográfban történik, természetes egyenes testtartásban, csípő széles terpeszben, mezítláb.

3.8.3. A mért adatokból számított távolság-, idő- és frekvenciaalapú paraméterek

A mérést vezérlő program a 60 másodperc időtartamú vizsgálat során 100 Hz mintavételi frekvencia mellett a mérőszenzorok nyomásértékeit rögzíti, az adatok exportálása után a COP-koordinátákat a kutatócsoportunk által fejlesztett LabVIEW v2013 (National Instruments Inc. Austin, Texas) programmal számítottuk (Nagymáté és Kiss 2016a, 2016b, Nagymáté és mtsai 2018). A kiszámított COP-koordinátákat Butterworth low-pass digitális filterrel Ruhe ajánlása alapján továbbcsűrűztük (Ruhe és mtsai 2010). A mérési eredményekből a két láb közötti teherviselés megoszlása százalékos formában jellemezhető, de általában a két teherviselési megoszlás különbségével jellemzik. A COP helyzetének a mérés időtartama alatti változását egy folyamatosan kirajzolódó pontokból összeálló mozgáspálya szemlélteti. A mérés alkalmával a COP mozgása során bejárt területre egy konfidenciaellipszis illeszthető, amely a mért adatok 95%-át tartalmazza. A COP pozíciójából 17 független távolság-, idő- és frekvenciaalapú paraméter számítható (11. 12. táblázat) (Nagymáté és Kiss 2016a, 2016b, Nagymáté és mtsai 2018).

11. táblázat

COP helyzetéből számítható független távolság- és időalapú paraméterek

A hét paraméter pontos definíciója és mértékegysége

A paraméter megnevezése	Mértékegység	Definíció
Távolság- és időalapú paraméterek		
Konfidencia -ellipszis területe (<i>CE area</i>)	mm ²	A COP által bejárt pálya, 95%-os konfidenciaellipszis területe
Konfidencia -ellipszis tengelyei közötti arány (<i>CE axis ratio</i>)		A 95% -os konfidenciaellipszis hosszanti és rövidebb tengelyei közötti arány, amely leírja az COP-pálya alakját és irányultságát
Pálya hossza (<i>Path length</i>)	mm	A mérés alatt a COP által megtett pálya hossza
Maximális sebesség (<i>Maximum path velocity</i>)	mm/s	Maximális távolság két egymást követő COP pont között, osztva a mintavételi intervallummal
AP-ML tartomány aránya (<i>AP-ML range ratio</i>)		Az anteroposterior (AP) és a mediolateralis (ML) irányban a COP által megtett leghosszabb út aránya, amely leírja a két irány közötti legnagyobb véletlenszerű hibák arányát
Anterior (AP+) és Posterior (AP-) irányú maximális kitérés	mm	A maximális kitérés anterior és posterior irányba a COP átlagos pontjához viszonyítva az AP-ML síkban
Legnagyobb amplitúdó az egyensúlyozás alatt (<i>LA</i>)	mm	A legnagyobb folyamatos mozgás mind az AP, mind az ML irányban, amely nem feltétlenül egyenlő a legnagyobb COP-tartománnyal. Ez a paraméter hasonló a Hernandez és munkatársai által meghatározott, célzott COP-mozgásokhoz (Hernandez és mtsai 2012)

12. táblázat

COP helyzetéből számítható független frekvenciaalapú paraméterek

A négy paraméter pontos definíciója és mértékegysége

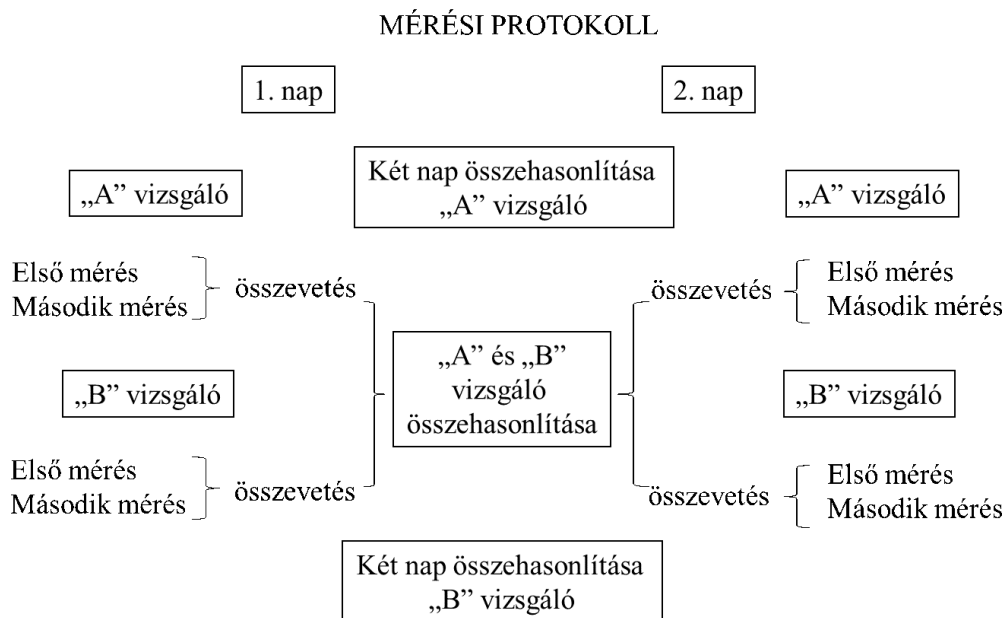
Paraméter megnevezése	Mérték- egység	Definíció
Frekvenciaalapú paraméterek		
Frekvencia- teljesítmény arányok az alacsony-közepes és közepes-magas frekvenciasávok között (LMR, MHR)		Információt szolgáltat a COP-mozgás frekvencia- tartományban értelmezett teljesítményeinek arányáról az alacsony frekvenciás (0-0,3 Hz), a közép- (0,3-1 Hz) és a magasabb frekvenciasávok (1-5 Hz) között (Nagy és mtsai 2004)
Átlag teljesítmény frekvencia (MPF)	Hz	A súlyozott átlagos frekvencia, ahol az f_j frekvencia komponensek P_j teljesítményével vannak súlyozva. M a diszkrét frekvenciasávok száma. Az MPF-et az Oskoei és munkatársai által javasoltak szerint az alábbi egyenlet alapján kalkuláltuk (Oskoei és Hu 2008): $MPF = \frac{\sum_{j=1}^M f_j P_j}{\sum_{j=1}^M P_j}$
A spektrális teljesítmény aránya (SPR)		A spektrális teljesítmény aránya az AP és az ML irány között. Az SPR jellemzi a kilengési frekvenciák energiaeloszlásának mértékét AP és ML irányokban
Egyéb		
Terheléselozlási különbség (LDD)	%	Megmutatja a különbséget a két alsó végtag súlyterhelése között. Ez a paraméter nem a COP- mozgásból kalkulált paraméter, hanem az eredeti Zebris WinPDMS szoftver által meghatározott érték, ami a COP-paraméterekkel együtt bizonyítottan nagyon hasznos a biomechanikai elemzéseknél (Duffell és mtsai 2013, Nagymáté és mtsai 2015)

3.9. Statisztikai módszerek

A mérési eredményeket minden esetben txt. formátumban exportáltuk, amely lehetővé tette a különböző statisztikai programok használatát.

3.9.1. Zebris gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású gyermekek esetén

A megbízhatósági vizsgálathoz az első napon, az ortopéd orvosi fizikális vizsgálatot követően az első vizsgáló az anatómiai pontokat megjelölte a törzsön és a gerincen, majd egymás után két ultrahangalapú gerincvizsgálatot végzett el (alapvizsgálat és megismételt vizsgálat). Ezután a bőrjelzéseket eltávolította. A második vizsgáló a saját jelölései alapján a vizsgálatot szintén kétszer megismételte. Az egész vizsgálati ciklust 1 hét múlva megismételtük (11. ábra). Intraobszerver hibaként definiálható az azonos vizsgálószemély által végzett mérések közötti legnagyobb különbség, míg interobszerver-hibaként a különböző vizsgálószemélyek által végzett mérések közötti legnagyobb különbség.



11. ábra

A megbízhatósági vizsgálat folyamatábrája

A vizsgálatokat két különböző napon két független vizsgáló végezte el kétszer megismételve

A vizsgált gyermekek adataiból minden vizsgáló esetén vizsgálati időpontokban (összesen 4 db) csoportátlag és szórás számolható, a szórások azonosságát az F-próba mutatja. A megbízhatósági vizsgálatához a következő statisztikai vizsgálatokat végeztük el a Microsoft Office Excel 2013 programmal (Bland és Altman 1986):

- azonos vizsgálók között meghatároztuk az azonos napon elvégzett, két egymás utáni mérés (alap- és megismételt vizsgálat) közötti különbség átlagát, szórását, maximumértékét, t-próbával a szignifikanciát (p), lineáris regresszió számítással a Pearson-féle korrelációs együtthatót (r) és a regressziós egyenes meredekségét (m). (Ez összesen 2 vizsgáló * 2 mérés * 2 nap = 8 összehasonlítás);
- azonos vizsgáló esetén a két különböző napon mért alap- és a megismételt vizsgálatból számolt átlagból határoztuk meg a különbség átlagát, szórását, maximumértékét, t-próbával a szignifikanciát (p), lineáris regresszió számítással a Pearson-féle korrelációs együtthatót (r) és a regressziós egyenes meredekségét (m);
- két különböző vizsgáló esetén mindkét nap esetén külön-külön meghatároztuk az alap- és a megismételt vizsgálat átlagából a különbség átlagát, szórását, maximumértékét, t-próbával a szignifikanciát (p), lineáris regresszió számítással a Pearson-féle korrelációs együtthatót (r) és a regressziós egyenes meredekségét (m).

3.9.2. Zebris gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata scoliosissal kezelt gyermekek esetén

A megismétlési pontosság meghatározásához a mérést két ortopéd orvos végezte. Mindkét orvos a mérési módszerben és a mérőműszer használatában egyaránt gyakorlott volt. A két orvos vizsgálata között 30 perc telt el, amely idő alatt a gyermek mozoghatott (első napi mérés). A vizsgálatot 3 hét múlva (második napi mérés) megismételtük, a mérést mindkét orvos ismételten elvégezte 30 percnyi különbséggel. A megismétlési pontosság meghatározására az összetartozási együtthatót (angolul: intraclass correlation coefficient, ICC) a négy mérést alapul véve számoltuk. Egy mérés megismétlési pontosságának megállapítására, azaz az abszolút egyezés vizsgálatára

kétutas kevert modellt használtunk (Koo és Li 2016). A mérőszemély közötti egyezés megállapítása azonos modellel történt, a megbízhatóságot egy mérőszemély mérési pontosságára megadva abszolút egyezés esetén. Mindkét vizsgálati szempontra a mérés standard hibája (*SEM*) is meghatározásra került, amelyet az egyéneken belüli szórások négyzetes középértéke definiál. A statisztikai elemzést az SPSS Statistics programmal (v.22, IBM Corporation, New York, USA) végeztük.

3.9.3. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló eszköz validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel

A minta szám megbízhatóságát G*Power (v3.1.9.2 Heinrich Heine Egyetem, Düsseldorf, Németország) szabad felhasználású szoftver segítségével végeztük (Faul és mtsai 2009). A vizsgálat ereje, vagyis a nullhipotézis elutasításának valószínűsége megfelelő (szignifikáns eredmény elérése), ha a tényleges különbség megegyezik a legkisebb hatásmérettel. Ha a teljesítmény értéke 0,50 értéknél nagyobb, akkor a minta mérete megfelelő (Faul és mtsai 2009).

A mérési eredményekből az alapvető statisztikai jellemzőket, mint az átlag, a szórás (*SD*) és a 95%-os konfidenciaintervallum (*CI*) értékeket számoltuk mind a Zebris gerincvizsgáló módszerrel meghatározott szögértékek esetén (*ZEBRIS_TK*, *ZEBRIS_LL*, *ZEBRIS_TSC*, *ZEBRIS_LSC*), mind a röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott szögértékek esetén (*RTG_TK*, *RTG_LL*, *RTG_TSC*, *RTG_LSC*). A statisztikai elemzést az SPSS Statistics programmal (v.24, IBM Corporation, New York, USA) végeztük, ahol a szignifikanciaszint $\alpha=0,05$ volt.

A korábbi kutatások a noninvazív gerincvizsgáló módszerrel és a röntgenfelvételen Cobb-módszerrel meghatározott sagittalis és frontális gerincgörbületi értékek összehasonlítását lineáris regresszióval végezték (Schmid és mtsai 2015). Jelen vizsgálatban a Zebris gerincvizsgáló módszer validálására a teljes Bland–Altman-módszert használtuk a Zebris-módszerrel (*ZEBRIS_TK*, *ZEBRIS_LL*, *ZEBRIS_TSC*, *ZEBRIS_LSC*) és a röntgenfelvételen Cobb-módszerrel meghatározott (*RTG_TK*, *RTG_LL*, *RTG_TSC*, *RTG_LSC*) értékek összehasonlítása során: a lineáris regresszió paraméterein kívül (Pearson-féle r^2 , a regressziós egyenes tengelymetszete és meredeksége) kiszámítottuk a Bland–Altman-módszer paramétereit, azaz az átlagot, a

módszerek megegyezőségének mérésére szolgáló alsó és felső határt, valamint az átlagokra vonatkozó 95%-os konfidenciaintervallumokat és ezek segítségével kirajzoltattuk a Bland–Altman-diagramokat, a hibák négyzetösszegét, a becsült együtthatókat és a Kolmogorov–Szmirnov-próba eredményét (Bland és Altman 1986).

A szakirodalom szerint a BMI percentilis és a paravertebralis lágyrész vastagsága között lineáris összefüggés van, így a lágyrész vastagságának modellezésére, a BMI percentilis (BMI%) és a két mérési módszer által meghatározott gerincgörbületi szögek abszolút különbsége között Pearson-féle korrelációt számoltunk (Ogden és mtsai 2002, Ogden és Flegal 2010).

A Pearson-féle korrelációs együtthatók a következők szerint minősítettük: $0,81 \leq r \leq 1$ kiváló, $0,61 \leq r \leq 0,80$ nagyon jó, $0,41 \leq r \leq 0,60$ jó, $0,21 \leq r \leq 0,40$ közepes $0,00 \leq r \leq 0,20$ gyenge (Feise és Menke 2001).

3.9.4 Az iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékének meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel

Az ultrahangalapú gerincvizsgálat során mind a 8 mérés alkalmával meghatároztuk a 4.3.3.-as fejezetben ismertetett paramétereket (*TK*, *LL*, *TTI*, *LI*). Korcsoportokban magasságtól függetlenül, majd magasságcsoportokban kortól függetlenül átlagot, szórást, relatív szórást (Coefficient of Variation *CV*) és 95 %-os konfidenciaintervallumot (95% *CI*) számoltunk. A csoportok szerinti összehasonlítása többváltozós ANOVA-módszerrel SPSS Statistics programmal (v.20, IBM Corporation, New York, USA) történt. Szignifikáns eltérésnek tekintettük, ha $p < 0,05$.

3.9.5 A gyermekkori hanyag testtartás hatásvizsgálata az állásstabilitásra

A két csoport összehasonlításának statisztikai erősségét a G*Power (v3.1.9.2 Heinrich Heine Egyetem, Düsseldorf, Németország) szabad felhasználású szoftver segítségével kétágú Wilcoxon–Mann–Whitney-teszt hatékonyságméretéből és csoportminta-méreteiből számoltuk ki (Faul és mtsai 2007). A hanyag testtartás hatásának elemzéséhez a kiválasztott paraméterek (10. és 11. táblázat) átlagát és szórását mindkét csoport esetén meghatároztuk. A minták normáleloszlását a Shapiro–Wilk normalitási teszttel vizsgáltuk. Ha az egyes paraméterek az adatok feltételezett

normál eloszlásához nem illeszkedtek ($p < 0,05$ a Shapiro–Wilk-tesztben), akkor az összehasonlításra a Mann–Whitney-féle U-tesztet használtuk. A hatásos méretet $r = Z/\sqrt{N}$ szerint számítottuk ki, ahol Z a Mann–Whitney-féle U-teszt értéke és N az általános minta mérete (Cohen 1988). Az átlagokat összehasonlítottuk a hanyag testtartású és a kontrollcsoport között nemek szerint és nemektől függetlenül. Ezeket az elemzéseket az SPSS Statistics programmal (v.22, IBM Corporation, New York, USA) végeztük.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén

4.1.1. Helyes testtartású gyermekek

Intraobszerver hibaként definiálható az azonos vizsgálószemély által végzett mérések közötti legnagyobb különbség, míg interobszerverhibaként a különböző vizsgálószemélyek által végzett mérések közötti legnagyobb különbség. Az F-próba minden esetben a szórások azonosságát mutatta. A mérési eredményekből számított, a gerinc görbületeit jellemző paraméterek (*TK*, *LL*, *TTI* *LI*) átlaga és szórása vizsgálónként és vizsgálatonként a 13. táblázatban, a megismétlési pontosságot jellemző paraméterek összefoglalása a 14. táblázatban, míg a regressziós vizsgálat eredményei a 15. táblázatban találhatók.

13. táblázat

Helyes testtartású gyermekeken végzett megbízhatósági vizsgálat során számított paraméterek

Különböző vizsgálok különböző vizsgálati időpontokban elvégzett mérései alapján (átlag±szórás; 95% CI)

	1. napi mérés						2. napi mérés					
	A vizsgáló			B vizsgáló			A vizsgáló			B vizsgáló		
	átlag±szórás (°)	95% CI (°)		átlag±szórás (°)	95% CI (°)		átlag±szórás (°)	95% CI (°)		átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
		alsó határ	felső határ		alsó határ	felső határ		alsó határ	felső határ		alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	40,5±7,1	36,58	44,42	40,9±6,5	37,26	44,51	40,0±6,5	-18,74	98,83	40,1±7,0	-22,71	102,88
<i>LL</i>	27,9±10,8	24,43	31,41	28,9±10,1	25,58	32,20	28,0±10,7	24,50	31,52	28,3±11,1	24,64	32,04
<i>TTI</i>	4,3±2,4	3,46	5,13	3,3±1,6	2,75	3,85	4,6±2,3	3,80	5,36	3,9±1,8	3,31	4,49
<i>LI</i>	1,5±0,5	0,85	2,08	1,6±0,9	0,15	3,06	1,2±1,1	0,65	1,80	0,7±0,7	-0,05	2,18

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés;

CI: konfidencia intervallum (megbízhatósági tartomány)

14. táblázat

A megismétlési pontosságot jellemző paraméterek összefoglalása

Helyes testtartású gyermekek esetén *ICC*; *SEM*; *95% CI* meghatározása

	Test-retest eredmények A és B vizsgáló figyelembevételével				Inter-rater megbízhatóság, A és B vizsgáló közötti megismétlési pontosság			
	<i>ICC</i>	<i>95% CI</i> (°)		<i>SEM</i> (°)	<i>ICC</i>	<i>95% CI</i> (°)		<i>SEM</i> (°)
		alsó határ	felső határ			alsó határ	felső határ	
<i>TK</i>	0,934	0,864	0,974	1,743	0,940	0,879	0,971	1,567
<i>LL</i>	0,978	0,954	0,992	1,562	0,981	0,960	0,991	1,507
<i>TTI</i>	0,648	0,414	0,841	1,263	0,610	0,301	0,798	1,225
<i>LI</i>	0,204	-0,008	0,516	0,655	0,396	0,039	0,660	0,547

Megjegyzés: *TK*: háti kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TSC*: thoracalis scoliosis;

LSC: lumbalis scoliosis; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági

tartomány); *ICC*: összetartozási együttható (intraclass correlation coefficient);

SEM: mérés standard hibája

A korreláció mind a *TK* (0,90-0,97), mind a *LL* esetén (0,96-0,99) kiváló, amelyet az egyhez közeli meredekség is alátámaszt (háti kyphosis: 0,83–1,11; ágyéki lordosis: 0,89–1,06) (Takács és mtsai 2013). Szignifikáns különbséget az *LL* esetén az A vizsgáló 1. napi két vizsgálata között ($p= 0,01$) és az A és B vizsgáló 1. napi mérése ($p= 0,03$) között találtunk (15. táblázat).

15. táblázat

Lineáris regresszió számításának eredménye

Helyes testtartású gyermekek esetén, különböző vizsgálok különböző vizsgálati időpontokban elvégzett mérései alapján

				<i>TK</i>	<i>LL</i>	<i>TTI</i>	<i>LI</i>	
A vizsgáló	1. nap	alap- és megismételt vizsgálat közötti	<i>p</i>	0,43	0,01	0,03	0,41	
			<i>r</i>	0,94	0,98	0,73	-0,005	
			<i>m</i>	0,83	1,00	0,71	-0,004	
	2. nap	alap- és megismételt vizsgálat közötti	<i>p</i>	0,22	0,34	0,41	0,12	
			<i>r</i>	0,90	0,96	0,37	0,12	
			<i>m</i>	0,97	1,04	0,40	0,19	
	különböző napon végzett vizsgálat közötti			<i>p</i>	0,26	0,45	0,26	0,11
				<i>r</i>	0,92	0,97	0,76	0,28
				<i>m</i>	1,00	0,98	0,79	0,20
B vizsgáló	1. nap	alap- és megismételt vizsgálat közötti	<i>p</i>	0,21	0,30	0,11	0,42	
			<i>r</i>	0,94	0,97	0,50	0,18	
			<i>m</i>	1,11	1,02	0,74	0,44	
	2. nap	alap- és megismételt vizsgálat közötti	<i>p</i>	0,23	0,32	0,03	0,48	
			<i>r</i>	0,97	0,97	0,67	0,66	
			<i>m</i>	0,89	1,01	0,99	0,69	
	különböző napon végzett vizsgálat közötti			<i>p</i>	0,11	0,17	0,09	0,03
				<i>r</i>	0,94	0,98	0,56	0,32
				<i>m</i>	0,88	0,89	0,52	0,42
A és B vizsgáló közötti különbség	1. nap		<i>p</i>	0,29	0,03	0,03	0,29	
			<i>r</i>	0,93	0,99	0,64	0,13	
			<i>m</i>	1,00	1,06	0,96	0,07	
	2. nap		<i>p</i>	0,47	0,28	0,06	0,15	
			<i>r</i>	0,96	0,98	0,74	0,66	
			<i>m</i>	0,90	0,94	0,97	0,65	

Megjegyzés a 15. táblázathoz: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés; *p*: szignifikancia értéke; *r*: Pearson-féle korrelációs tényező;
m: a regressziós egyenes meredeksége a 9–13. ábrán is ábrázolva, szignifikáns eltérések vastaggal jelölve

A 14. táblázat eredményei alapján az ugyanazon vizsgáló által mért értékekből és a két vizsgáló által mért értékekből számított *TK* és *LL* paraméter megismétlési pontossága kiváló ($ICC \geq 0,934$). A *SEM* értékek is alacsonyak ($SEM \leq 1,743^\circ$), amelyek szintén a megismétlési pontosság kiválóságát mutatják. A legrosszabb megismétlési pontosságot a lateralis inclinatio értékének meghatározásánál találtuk ($ICC \geq 0,204$, $SEM \leq 0,655^\circ$) (14. táblázat). A háti kyphosis és az ágyéki lordosis esetén a korrelációt (0,90–0,99) is kiválónak találtuk (15. táblázat). A regressziós egyenes 1-hez közeli értéke (0,82–1,06) azt mutatja, hogy az ultrahangalapú gerincvizsgálat a gerinc alakját leíró háti kyphosis és ágyéki lordosis szögérték meghatározásához megbízható (15. táblázat).

A *TTI* esetén közepes (0,37–0,74), míg a *LI* esetén a korreláció gyenge (0,005–0,66) (15. táblázat), ami arra enged következtetni, hogy a gyermekek súlypontjuk állandó pozícióban tartása nem megfelelő. A *TTI* és *LI* esetén tapasztalt közepes és gyenge korreláció a regressziós egyenesek meredekségében (*TTI*: 0,52–0,99, *LI*: 0,004–0,69) (15. táblázat) szintén megmutatkozik. Ezt alátámasztja az is, hogy *TTI* esetén szignifikáns eltérés van az A vizsgáló 1. napi ($p = 0,03$), a B vizsgáló 2. napi ($p = 0,03$) és az A és B vizsgáló 1 napi ($p = 0,03$) mérései között is (15. táblázat). Ez alapján a *TTI* és *LI* értékeit mindig kritikusan kell szemlélni, különösen oda kell figyelni a helyes testtartás felvételének ellenőrzésére, ha ezt a paramétert értékelni szeretnénk.

4.1.2. Scoliosisban szenvedő gyermekek

A mérési eredményekből számított, a gerinc görbületeit jellemző paraméterek (*TK*, *LL*, *TSC*, *LSC*) átlagát és szórását a 16. táblázat, míg a megismétlési pontosságot jellemző értékeket (*ICC* és *SEM*) a 17. táblázat foglalja össze.

16. táblázat

Scoliosisban szenvedő gyermekeken végzett megbízhatósági vizsgálat során számított paraméterek

Különböző vizsgálók különböző vizsgálati időpontokban elvégzett mérései alapján átlag±szórás; 95% CI

	1. napi mérés						2. napi mérés					
	A vizsgáló			B vizsgáló			A vizsgáló			B vizsgáló		
	átlag±szórás (°)	95% CI (°)		átlag±szórás (°)	95% CI (°)		átlag±szórás (°)	95% CI (°)		átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
alsó határ		felső határ	alsó határ		felső határ	alsó határ		felső határ	alsó határ		felső határ	
<i>TK</i>	31,15±15,86	23,93	38,37	30,77±15,75	23,60	37,94	31,49±15,55	24,41	38,56	31,26±16,62	23,70	38,83
<i>LL</i>	40,79±6,87	37,70	43,87	40,94±7,98	37,31	44,57	41,80±9,66	37,41	46,20	41,35±7,09	38,12	44,57
<i>TSC</i>	14,16±10,53	9,37	18,95	14,10±10,42	9,36	18,84	14,26±11,01	9,25	19,27	13,85±7,09	9,10	18,59
<i>LSC</i>	10,82±6,44	7,89	13,76	11,71±7,02	8,52	14,91	10,67±5,86	8,00	13,34	11,36±7,81	7,81	14,92

Megjegyzés: *TK*: háti kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TSC*: thoracalis scoliosis; *LSC*: lumbalis scoliosis;

CI: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

17. táblázat

A megismétlési pontosságot jellemző paraméterek összefoglalása

Scoliosisban szenvedő gyermekek esetén *ICC*; *SEM*; *95% CI* meghatározása

	Test-retest eredmények A és B vizsgáló figyelembevételével				Inter-rater megbízhatóság, A és B vizsgáló közötti megismétlési pontosság			
	<i>ICC</i>	<i>95% CI</i> (°)		<i>SEM</i> (°)	<i>ICC</i>	<i>95% CI</i> (°)		<i>SEM</i> (°)
		alsó határ	felső határ			alsó határ	felső határ	
<i>TK</i>	0,958	0,921	0,981	3,268	0,948	0,906	0,972	3,853
<i>LL</i>	0,814	0,681	0,909	3,419	0,793	0,647	0,884	3,865
<i>TSC</i>	0,985	0,970	0,994	1,299	0,984	0,968	0,992	1,416
<i>LSC</i>	0,922	0,853	0,966	1,901	0,913	0,837	0,954	2,127

Megjegyzés: *TK*: háti kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TSC*: thoracalis scoliosis; *LSC*: lumbalis scoliosis; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány); *ICC*: összetartozási együttható (intraclass correlation coefficient); *SEM*: mérés standard hibája

A 17. táblázat eredményei alapján az ugyanazon vizsgáló által mért értékekből és a két vizsgáló által mért értékekből számított négy-négy paraméter megismétlési pontossága kiváló ($ICC \geq 0,793$) (Takács és mtsai 2018). A *SEM* értékek is alacsonyak ($SEM \leq 3,865^\circ$), amelyek szintén a megismétlési pontosság kiválóságát mutatják. A legrosszabb megismétlési pontosságot a lumbalis lordosis értékének meghatározásánál találtuk ($ICC \geq 0,793$, $SEM \leq 2,127^\circ$) (17. táblázat).

4.2. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel

G*Power (v3.1.9.2, Heinrich Heine University, Düsseldorf, Németország) szabad felhasználású programmal végzett vizsgálat szerint a minta nagyságának az ereje 0,79, azaz a minta nagysága a statisztikailag szignifikáns (elfogadható) következtetések levonásához megfelelően nagy (Faul és mtsai 2009).

A digitalis röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott paraméterek (*RTG_TK*, *RTG_LL*, *RTG_TSC*, *RTG_LSC*) és a Zebris gerincvizsgáló módszerrel meghatározott szögértékek (*ZEBRIS_TK*, *ZEBRIS_LL*, *ZEBRIS_TSC*, *ZEBRIS_LSC*) és a két módszerrel meghatározott értékek közötti különbségek gyermekenként a 18. táblázatban található.

A Zebris gerincvizsgáló módszerrel és a kétirányú gerinc röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékek (*ZEBRIS_TK*, *ZEBRIS_LL*, *ZEBRIS_TSC*, *ZEBRIS_LSC*, *RTG_TK*, *RTG_LL*, *RTG_TSC*, *RTG_LSC*) átlag-, szórás- és 95% CI értékei a 19. táblázatban láthatók.

18. táblázat
A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása
A vizsgált gyermekek gerincgörbületi értékeit kétirányú gerinc-röntgenfelvételen Cobb-módszerrel és Zebris gerincvizsgáló eszközzel határoztuk meg

		Sagittalis görbület						Thoracalis frontalis görbület (TSC)					Thoracolumbalis/lumbalis frontalis görbület (LSC)				
		Cobb-szög (°)		Zebris (°)		Abszolút különbség (°)		convexitás	határok	Cobb-szög (°)	Zebris (°)	Abszolút különbség (°)	convexitás	határok	Cobb-szög (°)	Zebris (°)	Abszolút különbség (°)
		thoracalis (TK)	lumbalis (LL)	thoracalis (TK)	lumbalis (LL)	thoracalis (TK)	lumbalis (LL)										
1	lány	13,26	48,10	10,25	37,49	3,01	10,61	jobb	T3–T10	29,07	16,58	12,49	bal	T11–L4	25,06	29,47214	4,41
2	lány	32,12	55,79	41,92	40,09	9,80	15,70	jobb	T3–T12	20,80	19,94	0,86	bal	L1–L4	3,58	1,360193	2,22
3	lány	37,75	50,86	40,35	39,03	2,60	11,83	jobb	T3–T12	12,98	11,97	1,01	bal	L1–L5	15,45	22,55664	7,11
4	lány	13,02	45,10	23,19	41,85	10,17	3,25	jobb	T5–T11	38,68	28,13	10,55	bal	L1–5	20,90	10,42703	10,47
5	lány	49,78	45,60	49,88	41,79	0,10	3,81	bal	T3–T12	10,26	10,03	0,23	jobb	L1–L5	28,85	20,03788	8,81
6	lány	16,84	34,00	20,26	36,99	3,42	2,99	jobb	T6–T10	28,19	28,62	0,43	bal	L1–L5	12,51	10,51978	1,99
7	fiú	54,30	48,94	54,67	53,79	0,37	4,85	jobb	T5–T11	3,77	1,51	2,26					

18. táblázat folytatása

A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása

A vizsgált gyermekek gerincgörbületi értékeit kétirányú gerinc-röntgenfelvételen Cobb-módszerrel és Zebris gerincvizsgáló eszközzel határoztuk meg

		Sagittalis görbület						Thoracalis frontalis görbület (TSC)					Thoracolumbalis/lumbalis frontalis görbület (LSC)				
		Cobb-szög (°)		Zebris (°)		Abszolút különbség (°)		convexitás	határok	Cobb-szög (°)	Zebris (°)	Abszolút különbség (°)	convexitás	határok	Cobb-szög (°)	Zebris (°)	Abszolút különbség (°)
azonosító	nem	thoracalis (TK)	lumbalis (LL)	thoracalis (TK)	lumbalis (LL)	thoracalis (TK)	lumbalis (LL)										
8	fiú	41,66	53,50	43,34	63,15	1,68	9,65	jobb	T3–T11	6,51	5,91	0,60	bal	L1–L5	3,10	0,541092	2,56
9	lány	29,30	44,17	20,91	47,32	8,39	3,15	jobb	T7–T12	25,91	16,86	9,05	bal	L1–L5	16,70	9,25996	7,44
10	lány	12,73	39,13	12,17	41,12	0,56	1,99						jobb	T3–L3	15,61	10,85662	4,75
11	lány	20,30	32,61	25,75	25,22	5,45	7,39						bal	T10–L4	18,61	14,70175	3,91
12	lány	12,73	39,13	13,46	31,02	0,73	8,11	jobb	T6–T10	20,72	24,70	3,98	bal	L1–L5	4,58	8,819379	4,24
13	lány	4,76	37,31	8,34	32,47	3,58	4,84	jobb	T5–T12	20,62	26,73	6,11	bal	L1–L5	13,86	9,886747	3,97
14	lány	23,69	26,24	26,43	26,42	2,74	0,18	jobb	T5–T10	19,34	20,15	0,81	bal	L1–L5	4,69	4,589164	0,10

18. táblázat folytatása
A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása
A vizsgált gyermekek gerincgörbületi értékeit kétirányú gerinc-röntgenfelvételen Cobb-módszerrel és Zebris gerincvizsgáló eszközzel határoztuk meg

		Sagittalis görbület						Thoracalis frontalis görbület (TSC)					Thoracolumbalis/lumbalis frontalis görbület (LSC)				
		Cobb-szög (°)		Zebris (°)		Abszolút különbség (°)		convexitás	határok	Cobb-szög (°)	Zebris (°)	Abszolút különbség (°)	convexitás	határok	Cobb-szög (°)	Zebris (°)	Abszolút különbség (°)
		thoracalis (TK)	lumbalis (LL)	thoracalis (TK)	lumbalis (LL)	thoracalis (TK)	lumbalis (LL)										
15	lány	19,60	43,10	22,92	39,34	3,32	3,76	jobb	T7–T12	35,62	30,07	5,55	bal	L1–L4	40,40	31,26236	9,14
16	lány	33,20	31,88	32,25	30,17	0,95	1,71						bal	T6–L3	20,80	11,846	8,95
17	lány	20,31	54,69	26,36	67,92	6,05	13,23	bal	T3–T12	11,36	7,49	3,87	jobb	L1–L5	31,45	19,9144	11,54
18	lány	20,31	54,69	22,76	44,89	2,45	9,80	bal	T6–T12	15,46	5,68	9,78	jobb	L1–L5	9,36	7,557543	1,80
19	lány	50,96	32,08	60,58	29,15	9,62	2,93						bal	T6–L3	12,75	16,20323	3,45

19. táblázat

Két mérési módszerrel meghatározott gerincgörbületek scoliosisban szenvedő gyermekek esetén

Gerinc-röntgenfelvételen Cobb-módszerrel és Zebris gerincvizsgáló eszközzel mért paraméterek átlag±szórás és 95% CI értékei

	Átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
		alsó határ	felső határ
<i>RTG_TK</i>	26,66±14,58	19,64	33,69
<i>RTG_LL</i>	43,00±9,00	38,66	47,33
<i>RTG_TSC</i>	19,95±10,23	15,02	24,88
<i>RTG_LSC</i>	16,57±10,23	11,64	21,50
<i>ZEBRIS_TK_</i>	29,25±15,24	21,91	36,60
<i>ZEBRIS_LL</i>	40,49±11,45	34,97	46,00
<i>ZEBRIS_TSC</i>	16,96±9,48	12,39	21,53
<i>ZEBRIS_LSC</i>	13,32±8,59	9,18	17,47

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TSC*: thoracalis scoliosis; *LSC*: lumbalis scoliosis, *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

Szignifikáns különbség mutatkozott a *TK* (-2,6°, $p= 0,02$) és a *LSC* (3,2°, $p= 0,02$) paraméterek esetén, ugyanakkor a különbség nem volt szignifikáns az *LL* (2,5°, $p= 0,16$) és *TSC* (3,0°, $p= 0,05$) esetén (20. táblázat). A különbségek standard deviációjából kiszámított elfogadható határérték sokkal szélesebb (17°-nál nagyobb), mint a 95% *CI*, amelyet a különbségek standard deviációja alapján számoltunk (7,2-nél kisebb) (20. táblázat).

20. táblázat

A két módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékek Bland-Altman-módszerrel történő összehasonlításeredményei

Gerinc-röntgenfelvételen Cobb-módszerrel és Zebris gerincvizsgáló eszközzel mért paraméterek összehasonlítása

	Regressziós egyenes			Különbség				
	r^2	m	regressziós egyenes tengely-metszete (°)	átlag (°)	megállapított határérték tartomány (°)		95% CI (°)	
					alsó határ	felső határ	alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	0,91	1,000	2,64	2,6	11,0	-6,3	4,8	-0,4
<i>LL</i>	0,58	0,970	-1,27	-2,5	12,0	-17,0	1,1	-6,1
<i>TSC</i>	0,72	0,790	1,26	-3,0	7,7	-14,0	0,0	-6,0
<i>LSC</i>	0,71	0,710	1,62	-3,2	7,6	-14,0	0,5	-6,0

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TSC*: thoracalis scoliosis; *LSC*: lumbalis scoliosis; r^2 : Pearson-féle r érték négyzete; m : meredekség; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

A Bland–Altman-módszerrel való összehasonlítás eredményeit külön is elemeztük a sagittalis (*TK*, *LL*) és a frontalis síkban (*TSC*, *LSC*) (20. táblázat). A *TK* esetén a regressziós egyenes meredeksége 1,00 és a regressziós egyenes tengelymetszet-értéke 5° alatti. A két módszerrel meghatározott *TK* értékek közötti korreláció szignifikáns ($p=0,000$) és kiváló ($r_{TK}=0,95$). Az *LL* paraméterhez illesztett regressziós egyenes tengelymetszet értéke azonban szignifikánsan nem nulla ($1,27^\circ$, $p=0,002$), meredeksége egyhez közeli ($m=0,97$), és a korreláció szignifikánsan nagyon jó ($r_{LL}=0,76$, $p=0,000$) (20. táblázat).

A két módszerrel meghatározott *TSC* és *LSC* értékek közötti korreláció szignifikáns ($p=0,000$) és kiváló ($r_{TSC}=0,85$, $r_{LSC}=0,84$) a meredekség 1 alatt marad (0,79 és 0,71), a regressziós egyenes tengelymetszet-értéke 5° alatti (20. táblázat). Egy adat (amely adatok 5,2%-a) magas *LL* értékeknél ($RTG_LL=54,69^\circ$, $ZEBRIS_LL=67,92^\circ$) a határértéken van (12,0; -17,0). A reprodukálhatóság, amely a mérések közötti különbözőség, az egyének esetén 14° alatt van, amelynek oka a különböző mérési módszerekben keresendő (Bland és Altman 1986).

Pearson-féle korrelációs együtthatók a gyermekek percentilis testtömegindexe (8. táblázat) és a két mérési módszer által meghatározott sagittalis thoracalis és mindkét frontalis gerincgörbület között (20. táblázat) 0,25 alatt van ($r_{TK}=-0,07$ $p_{TK}=0,02$; $r_{TSC}=0,25$ $p_{TSC}=0,01$, $r_{LSC}=0,16$, $p_{LSC}=0,03$), ami azt jelenti, hogy a korreláció gyenge és közepes között van (Ogden és mtsai 2002, Ogden és Flegal 2010). A sagittalis lumbalis görbület esetén azonban a korreláció jó ($r_{LL}=0,56$, $p_{LL}=0,04$).

4.3. Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel

4.3.1. A nemek szerinti vizsgálat eredményei

A testtartástól, kortól és magasságtól függetlenül a nemek hatását vizsgálva megállapítható, hogy a fiúk és lányok esetén a négy vizsgált szög (*TK*, *LL*, *TTI* és *LI*) átlaga szignifikánsan eltér ($p_{TK}=0,05$, $p_{LL}=0,05$, $p_{TTI}=0,05$, $p_{LI}=0,05$). Ennek alapján a következőkben a fiúkat és a lányokat már külön-külön csoportként kezeljük.

4.3.2. A helyes testtartású és a hanyag testtartású csoport vizsgálati eredményei közötti különbség

A két csoport vizsgálatánál a fiúkat és a lányokat külön-külön csoportként kezeltük, de még kortól és magasságtól függetlenül.

A helyes- és hanyag testtartású *lányok* esetében *TK* ($F(1,563)= 4,794, p < 0,05$) és *LL* ($F(1,563)= 5,50, p < 0,05$) értékek esetén az eltérés szignifikáns. A hanyag testtartású csoportban a *TK* értéke ($41,188 \pm 0,566$) szignifikánsan magasabb a helyes testtartású gyermekek átlagértékénél ($39,58 \pm 0,469$). *LL* esetén a helyes testtartású csoport átlaga ($34,157 \pm 0,582$) szignifikánsan magasabb, mint a hanyag testtartású csoport átlaga ($32,017 \pm 0,703$). A két csoport között *TTI* ($F(1,563)= 0,022, p = 0,881$) és *LI* ($F(1,563)= 0,002, p = 0,964$) értékek esetén nincs szignifikáns eltérés.

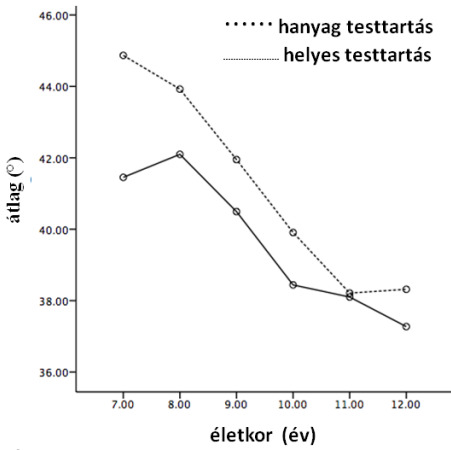
A helyes - és hanyag testtartású *fiúk* esetében a lányokhoz nagyon hasonló eredményeket kapunk: *TK* ($F(1,356)= 6,773, p < 0,05$) és *LL* értékek esetén ($F(1,356)= 14,323, p < 0,05$) a különbség szignifikáns. A hanyag testtartású csoportban a *TK* értéke ($43,846 \pm 0,669$) szignifikánsan nagyobb a helyes testtartású csoport átlagértékénél ($41,479 \pm 0,616$). *LL* szög esetén a helyes testtartású csoport átlaga ($30,084 \pm 0,847$) szignifikánsan nagyobb, mint a hanyag testtartású csoport átlag értéke ($25,346 \pm 0,922$). A *TTI* ($F(1,356)= 0,035, p = 0,853$) az *LI* ($F(1,356)= 0,454, p = 0,501$) értékek esetén nincs szignifikáns eltérés.

4.3.3. Az életkor szerinti vizsgálat eredményei

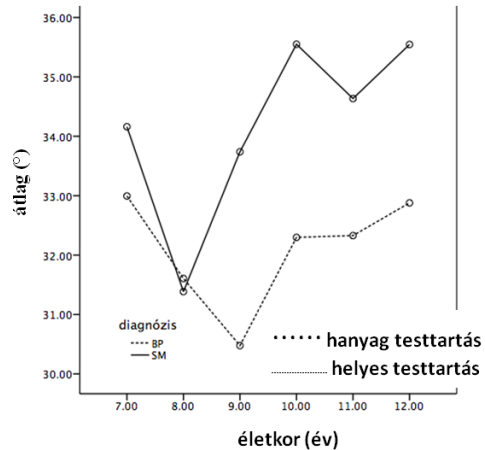
A *TK*, *LL*, *TTI*, *LI* értékeket testtartás szerint (helyes és hanyag) és nemek szerint és életkor függvényében a 12. és 13. ábrán adjuk meg. Az adatokat a nemek és diagnózisok szerinti bontás után az életkorok tekintetében vizsgáltuk.

Az életkor szerinti vizsgálathoz a 6 és 15 év közötti gyermekekből 6 életkori csoportot alakítottunk ki. A 7 éves és annál fiatalabbak alkották az első csoportot, míg a 12 évesek és annál idősebbek alkották az utolsó csoportot, a közöttük lévő életkorokat évenként csoportosítottuk (21. táblázat).

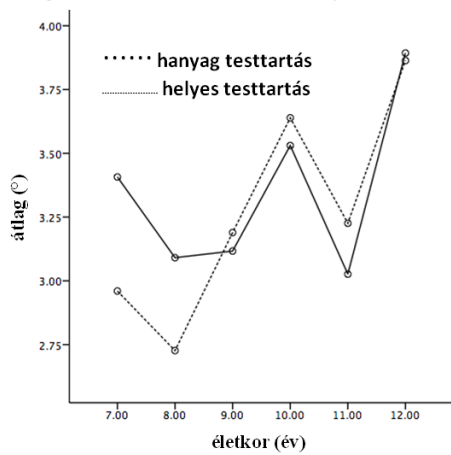
Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Lányok-TK



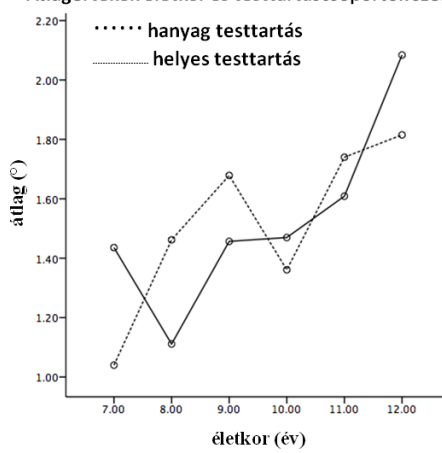
Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Lányok-LL



Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Lányok-TTI



Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Lányok-LI



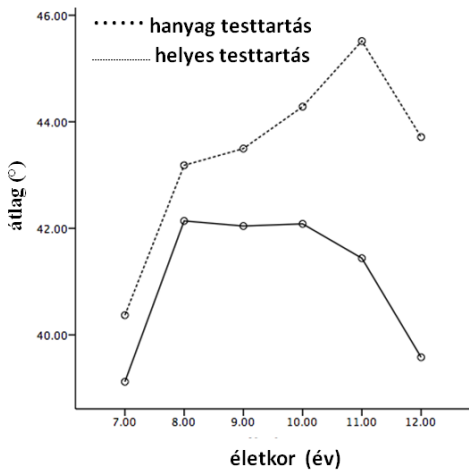
12. ábra

TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású lányok esetén életkor függvényében

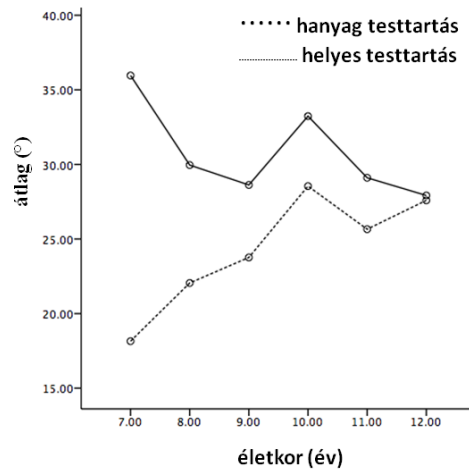
TK: thoracalis kyphosis; **LL:** lumbalis lordosis; **TTI:** teljes törzsdőlés;

LI: lateralis dőlés

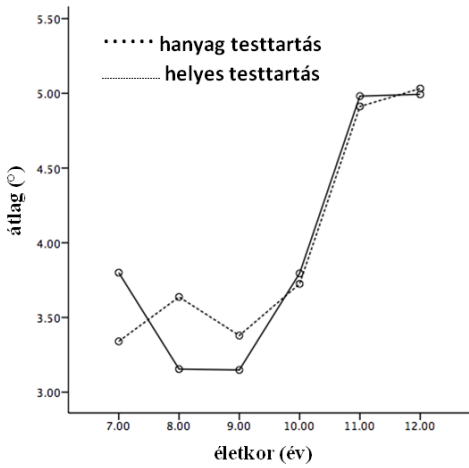
Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-TK



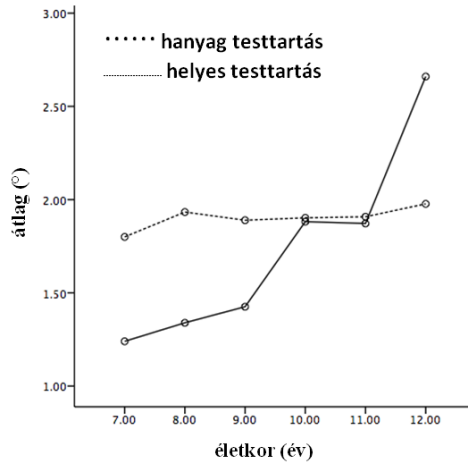
Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-LL



Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-TTI



Átlagértékek életkor és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-LI



13. ábra

TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású fiúk esetén életkor függvényében

TK: thoracalis kyphosis; **LL:** lumbalis lordosis; **TTI:** teljes törzsdőlés;

LI: lateralis dőlés

21. táblázat

Testtartás és életkor szerinti csoportokban végzett vizsgálatok száma nemenkénti bontásban

A két testtartáscsoportban végzett vizsgálatokat hat életkori csoportba soroltuk

	Helyes testtartású lány	Helyes testtartású fiú	Hanyag testtartású lány	Hanyag testtartású fiú
7 éves és annál fiatalabb	28	5	35	10
8 éves	54	33	34	24
9 éves	84	39	47	38
10 éves	69	44	46	45
11 éves	57	43	35	25
12 éves és annál idősebb	44	30	33	22

A lányok esetén (12. ábra) mind a helyes testtartás, mind a hanyag testtartás esetén a *TK* és *LI* szög értékét az életkor szignifikánsan befolyásolja: a *TK* szög értéke az életkor előrehaladtával szignifikánsan csökken, míg az *LI* szög értéke az életkor előrehaladtával szignifikánsan nő. A *TTI* szöget (helyes testtartású: $p=0,446$, hanyag testtartású: $p=0,284$) és *LL* szögértéket (helyes testtartású: $p=0,290$ hanyag testtartású $p=0,917$) az életkor szignifikánsan nem befolyásolja.

A fiúk esetén mind a helyes testtartású mind a hanyag testtartású csoportban a *TK* szöget (helyes testtartású: $p=0,815$, hanyag testtartású: $p=0,678$,) és *LL* szöget (helyes testtartású: $p=0,196$, hanyag testtartású: $p=0,114$) az életkor szignifikánsan nem befolyásolja (13. ábra). A helyes testtartású gyermekek csoportjában a *TTI* és *LI* szög az életkor előrehaladtával szignifikánsan nő, míg a hanyag testtartású gyermekek csoportjában e két szögértéket az életkor szignifikánsan nem befolyásolja (*TTI*: $p=0,065$, *LI*: $p=0,978$).

4.3.4. A magassági adatok vizsgálata nemenként és diagnózisonként, életkortól függetlenül

Az eredményeket a 22. és 23. táblázatban foglaltuk össze.

Helyes testtartású lányok esetén a *TTI* ($F(7,327)= 0,971, p= 0,452$) szög értékét a testmagasság szignifikánsan nem befolyásolja. A *TK* szög értéke a magasság növekedésével csökkenő tendenciát mutat, de ez nem szignifikáns ($F(7,327)= 1,949, p= 0,061$). Az *LL* ($F(7,327)= 2,857, p< 0,05$) és *LI* ($F(7,327)= 2,128, p< 0,05$) szögek értékei szignifikánsan függenek a testmagasságtól. A 130 cm-nél alacsonyabb gyermekek *LL* szög értéke szignifikánsan eltér a többi magassági csoport értékétől. Az *LI* szögérték a magasság növekedésével emelkedik, két homogén, egymástól szignifikánsan eltérő csoport alakítható ki: a 150 cm és annál alacsonyabb és 150 cm-nél magasabb gyermekek csoportja.

22. táblázat

Helyes testtartású fiúk és lányok esetén a sagittális gerincgörbületi értékek (*TK*, *LL*) és a testtartást jellemző szögértékek (*TTI*, *LI*) testmagasság szerint. Nyolc testmagasság csoportban átlag±szórás, 95%-*CI* értéke meghatározása

Jellemző	Testmagasság (cm)	Helyes testtartású lányok			Helyes testtartású fiúk		
		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)	
			alsó határ	felső határ		alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	-130	41,517±1,259	39,04	43,994	38,093±2,223	33,707	42,48
	131-135	41,734±1,259	39,257	44,211	39,258±1,976	35,36	43,155
	136-140	39,678±1,14	37,435	41,921	40,277±1,572	37,175	43,378
	141-145	39,775±1,107	37,597	41,954	44,264±1,435	41,432	47,095
	146-150	40,386±1,152	38,12	42,651	42,903±1,599	39,749	46,058
	151-155	37,12±1,215	34,73	39,511	41,803±1,599	38,649	44,958
	156-160	38,041±1,497	35,096	40,986	46,044±2,153	41,797	50,291
	161-	37,089±1,524	34,092	40,086	36,73±1,926	32,931	40,529
<i>LL</i>	-130	28,924±1,585	25,807	32,042	26,767±2,813	21,217	32,317
	131-135	32,359±1,585	29,241	35,476	32,458±2,5	27,527	37,389
	136-140	33,422±1,435	30,599	36,245	30,517±1,989	26,592	34,441
	141-145	35,428±1,394	32,687	38,17	31,525±1,816	27,942	35,108
	146-150	36,635±1,449	33,783	39,486	29,159±2,023	25,167	33,15
	151-155	37,109±1,53	34,1	40,118	28,948±2,023	24,957	32,94
	156-160	34,586±1,884	30,88	38,293	34,381±2,724	29,007	39,755
	161-	33,943±1,917	30,171	37,715	26,625±2,436	21,818	31,432

22. táblázat folytatása

Helyes testtartású fiúk és lányok esetén a sagittális gerincgörbületi értékek (*TK*, *LL*) és a testtartást jellemző szögértékek (*TTI*, *LI*) testmagasság szerint. Nyolc testmagasság csoportban átlag±szórás, 95%-*CI* értéke meghatározása

Jellemző	Testmagasság (cm)	Helyes testtartású lányok			Helyes testtartású fiúk		
		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)	
			alsó határ	felső határ		alsó határ	felső határ
<i>TTI</i>	-130	3,237±0,384	2,481	3,992	2,587±0,598	1,407	3,767
	131–135	3,437±0,384	2,681	4,192	3,274±0,531	2,225	4,322
	136–140	3,076±0,348	2,392	3,76	2,743±0,423	1,909	3,578
	141–145	2,877±0,338	2,213	3,542	3,228±0,386	2,466	3,989
	146–150	3,614±0,351	2,923	4,305	4,928±0,43	4,079	5,776
	151–155	3,325±0,371	2,596	4,054	4,859±0,43	4,01	5,707
	156–160	3,041±0,457	2,143	3,94	5,031±0,579	3,889	6,174
	161–	4,175±0,465	3,261	5,089	5,655±0,518	4,633	6,677
<i>LI</i>	-130	1,351±0,194	0,969	1,733	1,047±0,392	0,272	1,821
	131–135	1,207±0,194	0,825	1,589	1,463±0,349	0,775	2,151
	136–140	1,344±0,176	0,998	1,69	1,39±0,278	0,843	1,937
	141–145	1,264±0,171	0,928	1,6	1,831±0,253	1,331	2,33
	146–150	1,798±0,178	1,448	2,148	1,759±0,282	1,202	2,315
	151–155	1,582±0,188	1,213	1,951	2,193±0,282	1,636	2,75
	156–160	1,952±0,231	1,497	2,406	2,213±0,38	1,463	2,962
	161–	1,875±0,235	1,413	2,337	2,4±0,34	1,729	3,071

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

23. táblázat

Hanyag testtartású fiúk és lányok esetén a sagittalis gerincgörcbületi értékek (*TK*, *LL*) és a testtartást jellemző szögértékek (*TTI*, *LI*) testmagasság szerint. Nyolc testmagasság csoportban átlag±szórás, 95%-*CI* értéke meghatározása

Jellemző	Testmagasság (cm)	Hanyag testtartású lányok			Hanyag testtartású fiúk		
		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)	
			alsó határ	felső határ		alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	-130	41,981±1,778	38,478	45,484	40,257±2,201	35,91	44,605
	131-135	44,287±1,655	41,025	47,548	45,081±1,615	41,891	48,271
	136-140	42,131±1,778	38,628	45,634	43,246±1,556	40,172	46,321
	141-145	43,276±1,47	40,379	46,174	43,329±1,681	40,009	46,65
	146-150	40,753±1,602	37,595	43,911	45,752±1,585	42,621	48,882
	151-155	38,817±1,85	35,17	42,463	43,494±1,997	39,549	47,439
	156-160	38,524±1,813	34,951	42,097	45,509±2,483	40,605	50,414
	161-	38,428±1,683	35,11	41,745	42,456±2,059	38,39	46,523
<i>LL</i>	-130	32,477±2,182	28,176	36,777	22,886±3,432	16,107	29,665
	131-135	29,47±2,032	25,466	33,474	27,185±2,518	22,21	32,159
	136-140	31,042±2,182	26,742	35,343	21,2±2,427	16,407	25,993
	141-145	34,8±1,805	31,243	38,357	25,208±2,621	20,031	30,386
	146-150	30,088±1,967	26,211	33,964	26,533±2,471	21,652	31,415
	151-155	33,617±2,271	29,14	38,093	28,088±3,114	21,936	34,24
	156-160	32,56±2,225	28,174	36,946	25,455±3,871	17,807	33,102
	161-	31,807±2,066	27,735	35,879	26,15±3,21	19,809	32,491

23. táblázat folytatása

Hanyag testtartású fiúk és lányok esetén a sagittalis gerincgörbületi értékek (*TK*, *LL*) és a testtartást jellemző szögértékek (*TTI*, *LI*) testmagasság szerint. Nyolc testmagasság csoportban átlag±szórás, 95%-*CI* értéke meghatározása

Jellemző	Testmagasság (cm)	Hanyag testtartású lányok			Hanyag testtartású fiúk		
		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)		átlag±szórás (°)	95% <i>CI</i> (°)	
			alsó határ	felső határ		alsó határ	felső határ
<i>TTI</i>	-130	3,219±0,434	2,363	4,075	3,814±0,695	2,442	5,186
	131-135	2,2±0,404	1,403	2,997	3,377±0,51	2,37	4,384
	136-140	3,15±0,434	2,294	4,006	3,757±0,491	2,787	4,727
	141-145	3,095±0,359	2,387	3,803	4,171±0,53	3,123	5,219
	146-150	3,241±0,391	2,469	4,012	4,496±0,5	3,508	5,484
	151-155	3,404±0,452	2,513	4,295	3,382±0,63	2,137	4,627
	156-160	3,888±0,443	3,015	4,761	3,536±0,784	1,989	5,084
	161-	4,214±0,411	3,403	5,024	5,137±0,65	3,854	6,421
<i>LI</i>	-130	1,231±0,221	0,795	1,667	1,271±0,405	0,472	2,071
	131-135	1,32±0,206	0,914	1,726	1,981±0,297	1,394	2,568
	136-140	1,388±0,221	0,952	1,824	1,864±0,297	1,299	2,43
	141-145	1,505±0,183	1,145	1,866	1,812±0,309	1,202	2,423
	146-150	1,513±0,199	1,119	1,906	2,148±0,292	1,572	2,724
	151-155	1,454±0,23	1	1,908	1,888±0,367	1,162	2,614
	156-160	2,036±0,226	1,591	2,481	1,845±0,457	0,943	2,748
	161-	1,7±0,209	1,287	2,113	2,231±0,379	1,483	2,979

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

Helyes testtartású fiúk esetében a vizsgálat mindezeknek ellentmond: A *TK* ($F(7,186)=2,764$, $p < 0,05$) szög értékét a testmagasság szignifikánsan befolyásolja. A *TK* szög értéke a magasság növekedésével szignifikánsan nő, kivéve a 160 cm feletti magasságnál, amely szignifikánsan alacsonyabb a többi értékénél. Az *LL* ($F(7,186)=1,143$, $p=0,338$) és *LI* ($F(7,186)=1,867$, $p=0,077$) szögértékeket a testmagasság szignifikánsan nem befolyásolja. A *TTI* szög értéke ($F(7,186)=6,042$, $p < 0,05$) a magasság növekedésével nő, de a változás nem szignifikáns.

Hanyag testtartású lányok esetén a *TK* szög értéke a magasság növekedésével csökken, de a változás nem szignifikáns *TK* ($F(7,222)=1,795$, $p=0,089$). Az *LL* ($F(7,222)=0,817$, $p=0,574$) szög esetén a különbség szintén nem szignifikáns a magasságcsoportokban. Az *LI* szög értéke a testmagasság növekedésével növekszik, de a változás nem szignifikáns *LI* ($F(7,222)=1,294$). A *TTI* ($F(7,222)=2,091$, $p < 0,05$) szög az egyetlen, amelyet a testmagasság a hanyag testtartású lányok esetén szignifikánsan befolyásol. A testmagasság növekedésével a *TTI* szög értéke nő, szignifikáns különbség a 135 cm alatti és 160 cm feletti gyermekek esetén figyelhető meg.

A hanyag testtartású fiúknál a testmagasság egyik szög értékét sem befolyásolja szignifikánsan. A *TK* ($F(7,155)=0,838$, $p=0,557$) és *LL* ($F(7,155)=0,719$, $p=0,656$) szögeknél egyértelmű tendencia nem mutatható ki. A *TTI* ($F(7,155)=1,035$, $p=0,409$) és *LI* ($F(7,155)=0,583$, $p=0,769$) szögértékek a magasság növekedésével nőnek, de a változás nem szignifikáns.

4.3.5. Az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek és a testtartást jellemző szögértékek vizsgálata a nem, a testmagasság és a testtartástípusok függvényében

Az 5.3.1 és az 5.3.4 pont alapján az eredményeket a nemek szerint bontottuk, és mind a fiúk mind a lányok esetén is két magasság csoportot alakítottunk ki. Az egyik csoportot alkották a 150 cm-nél alacsonyabb, a másik csoportot a 150 cm-nél magasabb gyermekek. A fiúk és a lányok adatait külön-külön magassági csoportok és testtartáscsoportok (helyes testtartás és hanyag testtartás) szerint is vizsgáltuk. Arra voltunk kíváncsiak, hogy külön a magassági csoportok, és külön a testtartáscsoportok között van-e szignifikáns különbség a *TK*, *LL*, *TTI* és *LI* szögek átlagaiban. Megvizsgáltuk azt is, hogy a magasság és testtartáscsoportok között van-e kölcsönhatás a *TK*, *LL*, *TTI* és *LI* szögek átlagértékeinek viszonylatában. A 24. táblázat a különböző magassági csoportok (*TK*, *LL*, *TTI*, *LI*) átlagait, szórásait és konfidenciaintervallumait tartalmazza a lányok esetében.

24. táblázat

TK, LL, TTI és LI szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett lányok esetén testmagasság szerint
Az értékeket két magassági csoportban határoztuk meg

	testmagasság (cm)	átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
			alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	-150	40,365±1,254	37,88	42,849
	151–	38,417±0,953	36,529	40,305
<i>LL</i>	-150	33,96±1,447	31,093	36,826
	151–	35,008±1,1	32,83	37,187
<i>TTI</i>	-150	4,033±0,397	3,248	4,819
	151–	4,294±0,301	3,697	4,891
<i>LI</i>	-150	1,906±0,24	1,43	2,382
	151–	1,897±0,183	1,536	2,259

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés;
LI: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

A 25. táblázat a különböző testtartáscsoportok (*TK*, *LL*, *TTI*, *LI*) átlagait, szórásait és konfidenciaintervallumait tartalmazza a lányok esetében. A 26. táblázat a magassági csoportok és testtartáscsoportok együttes vizsgálatával kapott eredményeket tartalmazza a lányok esetében. A 27. táblázat a különböző magasság és testtartáscsoportok átlagainak összehasonlítására vonatkozó ANOVA teszt eredményeinek p-értékeit tartalmazza a lányok esetében. (A tesztek és következtetéseinket 5%-os szignifikanciaszinten végeztük.)

25. táblázat

***TK, LL, TTI* és *LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett lányok esetén testtartáscsoportok szerint**

Az értékeket két testtartáscsoportban határoztuk meg

	testtartáscsoport	átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
			alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	hanyag testtartás	38,38±1,199	36,005	40,756
	helyes testtartás	40,402±1,022	38,378	42,425
<i>LL</i>	hanyag testtartás	32,298±1,384	29,557	35,038
	helyes testtartás	36,67±1,179	34,336	39,005
<i>TTI</i>	hanyag testtartás	4,159±0,379	3,408	4,91
	helyes testtartás	4,169±0,323	3,529	4,809
<i>LI</i>	hanyag testtartás	1,754±0,23	1,299	2,209
	helyes testtartás	2,05±0,196	1,662	2,437

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés;

LI: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

26. táblázat

TK, LL, TTI és LI szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett lányok esetén testmagasság és testtartás szerint

Az értékeket két testtartáscsoportban és két testmagasságcsoporthatároztuk meg

	testmagasság (cm)	testtartáscsoport	átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
				alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	-150	hanyag testtartás	39,516±1,838	35,876	43,156
		helyes testtartás	41,214±1,708	37,831	44,596
	151-	hanyag testtartás	37,244±1,542	34,191	40,298
		helyes testtartás	39,59±1,122	37,368	41,812
<i>LL</i>	-150	hanyag testtartás	30,211±2,12	26,011	34,41
		helyes testtartás	37,709±1,97	33,807	41,612
	151-	hanyag testtartás	34,385±1,778	30,862	37,908
		helyes testtartás	35,631±1,294	33,068	38,195
<i>TTI</i>	-150	hanyag testtartás	4,021±0,581	2,87	5,172
		helyes testtartás	4,045±0,54	2,976	5,115
	151-	hanyag testtartás	4,296±0,487	3,331	5,262
		helyes testtartás	4,292±0,355	3,59	4,995
<i>LI</i>	-150	hanyag testtartás	1,589±0,352	0,892	2,287
		helyes testtartás	2,223±0,327	1,575	2,871
	151-	hanyag testtartás	1,919±0,295	1,334	2,503
		helyes testtartás	1,876±0,215	1,451	2,302

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

27. táblázat

ANOVA teszt eredményei lányok esetében

A *p*-értékek különböző testmagasság és testtartáscsoportok átlagainak összehasonlításával

Szempont	<i>TK</i>	<i>LL</i>	<i>TTI</i>	<i>LI</i>
testmagasság	0,219	0,565	0,601	0,977
testtartáscsoport	0,202	0,018	0,984	0,329
testmagasság és testtartáscsoport	0,837	0,088	0,977	0,265

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés. A tesztek és következtetéseinket 5%-os szignifikanciaszinten végeztük, **vastaggal** a szignifikáns eltérést jelöltük

A 27. táblázat eredményei alapján azt mondhatjuk, hogy a lányok esetén magassági csoportok összehasonlításakor egyik szögérték esetében sem kaptunk szignifikáns különbséget a két különböző magassági csoport átlagértékei között. A különböző testtartáscsoportok esetén a négy szög (*TK*, *LL*, *TTI* és *LI*) közül csak az *LL* esetén kaptunk szignifikáns különbséget a csoportok átlagaiban. A két tulajdonság kölcsönhatását vizsgálva ugyancsak arra a következtetésre jutottunk, hogy nincs szignifikáns különbség a négy szög átlagaiban, azaz az adatok egyetlen homogén csoportot alkotnak. A 28. táblázat a különböző magassági csoportok átlagait, szórásait és konfidenciaintervallumait tartalmazza a fiúk esetében.

28. táblázat

TK, LL, TTI és LI szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvevő fiúk esetén testmagasságcsoportok szerint

Az értékeket két magassági csoportban határoztuk meg

	testmagasság (cm)	átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
			alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	-150	42,654±1,688	39,276	46,033
	151–	42,638±1,314	40,008	45,269
<i>LL</i>	-150	33,291±2,301	28,686	37,897
	151–	29,39±1,791	25,805	32,976
<i>TTI</i>	-150	3,683±0,556	2,57	4,796
	151–	5,099±0,433	4,232	5,965
<i>LI</i>	-150	2,004±0,402	1,2	2,808
	151–	2,161±0,313	1,535	2,787

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

A 29. táblázat a különböző testtartáscsoportok *TK, LL, TTI és LI* szögértékek átlagait, szórásait és konfidenciaintervallumait tartalmazza, a 30. táblázat a magassági csoportok és testtartáscsoportok együttes vizsgálatával kapott eredményeket tartalmazza fiúk esetében. A 31. táblázat a különböző magasság és testtartáscsoportok átlagainak összehasonlítására vonatkozó ANOVA teszt eredményeinek *p*-értékeit mutatja fiúk esetében. (A tesztek és következtetéseinket 5%-os szignifikanciaszinten végeztük.)

29. táblázat

***TK, LL, TTI és LI* szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvevő fiúk esetén testtartáscsoportok szerint**

Az értékeket két testtartáscsoportban határoztuk meg

	testtartáscsoport	átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
			alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	hanyag testtartás	44,877±1,688	41,499	48,256
	helyes testtartás	40,415±1,314	37,785	43,046
<i>LL</i>	hanyag testtartás	31,753±2,301	27,147	36,359
	helyes testtartás	30,928±1,791	27,343	34,514
<i>TTI</i>	hanyag testtartás	3,86±0,556	2,746	4,973
	helyes testtartás	4,922±0,433	4,055	5,789
<i>LI</i>	hanyag testtartás	1,935±0,402	1,13	2,739
	helyes testtartás	2,23±0,313	1,604	2,856

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés;
LI: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

30. táblázat

TK, LL, TTI és LI szögek átlagai, szórásai és konfidenciaintervallumai az állásstabilitás vizsgálatban résztvett fiúk esetén testmagasság és testtartáscsoportok szerint

Az értékeket két testtartáscsoportban és két testmagasságcsoporthatároztuk meg

	testmagasság (cm)	testtartáscsoport	átlag±szórás (°)	95% CI (°)	
				alsó határ	felső határ
<i>TK</i>	-150	hanyag testtartás	44,978±2,595	39,784	50,172
		helyes testtartás	40,331±2,159	36,009	44,653
	151-	hanyag testtartás	44,777±2,159	40,455	49,099
		helyes testtartás	40,5±1,498	37,501	43,499
<i>LL</i>	-150	hanyag testtartás	34,044±3,537	26,964	41,125
		helyes testtartás	32,538±2,943	26,647	38,43
	151-	hanyag testtartás	29,462±2,943	23,57	35,353
		helyes testtartás	29,319±2,042	25,23	33,407
<i>TTI</i>	-150	hanyag testtartás	2,789±0,855	1,077	4,501
		helyes testtartás	4,577±0,711	3,153	6,001
	151-	hanyag testtartás	4,931±0,711	3,507	6,355
		helyes testtartás	5,267±0,494	4,278	6,255
<i>LI</i>	-150	hanyag testtartás	2,1±0,618	0,864	3,336
		helyes testtartás	1,908±0,514	0,879	2,936
	151-	hanyag testtartás	1,769±0,514	0,741	2,798
		helyes testtartás	2,552±	1,838	3,266

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés; *CI*: konfidenciaintervallum (megbízhatósági tartomány)

31. táblázat

ANOVA teszt eredményei fiúk esetében

A *p*-értékek különböző testmagasság és testtartáscsoportok átlagainak összehasonlításával

Szempont	<i>TK</i>	<i>LL</i>	<i>TTI</i>	<i>LI</i>
magasság	0,994	0,186	0,049	0,759
testtartáscsoport	0,041	0,778	0,137	0,564
magasság és testtartáscsoport	0,931	0,816	0,307	0,342

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés. A teszteket és következtetéseinket 5%-os szignifikanciaszinten végeztük, **vastaggal** a szignifikáns eltérést jelöltük

A 31. táblázat eredményei alapján azt mondhatjuk, hogy a fiúk esetén a különböző magassági csoportok összehasonlításakor csak a *TTI* szögnél kaptunk szignifikáns különbséget a csoportok átlagaiban, míg a többi szög esetén nincs szignifikáns különbség a két különböző magassági csoport átlagértékei között. A testtartáscsoportok vizsgálata során a két csoport közti különbség a *TK* szögnél jelentkezik, itt szignifikánsan eltérnek egymástól a csoportok átlagai, míg az *LL*, *TTI*, *LI* szög esetén nincs szignifikáns különbség. A két tulajdonság kölcsönhatását vizsgálva pedig arra a következtetésre jutunk, hogy nincs szignifikáns különbség a mutatók átlagaiban, azaz az adatok egyetlen homogén csoportot alkotnak.

4.4. A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra

A helyes testtartású csoport minden tagja (113 fő) képes volt 60 másodpercig nyitott szemmel kétlábon állni. A hanyag testtartású csoportban a vizsgált 68 főből 12 fő 60 másodperc előtt elveszítette az egyensúlyát, és a vizsgálatot meg kellett ismételni, de a vizsgálatból kizárásra nem került sor.

A helyes testtartású és a hanyag testtartású csoport COP paramétereinek közül szignifikáns különbségeket találtunk a két láb közötti terheléseloszlási különbség (*LDD*) ($p= 0,021$) és a mediolateralis irányú közepes-magas frekvencia-teljesítmény arányban (*ML MHR*) ($p= 0,002$) (32. táblázat). A többi paraméter esetén a különbség nem volt szignifikáns ($p \geq 0,108$) (32. táblázat). A nemek összehasonlításából (33. táblázat) látható, hogy kevés paraméter mutat különbséget a vegyes csoporthoz képest, a COP-pálya hossza azonban szignifikánsan nagyobb a hanyag testtartású lányok esetében ($p= 0,041$), de ez a vegyes csoportban vagy a fiúknál nem mutatott szignifikáns különbséget. Ugyanakkor a hanyag testtartású fiúknál az AP LA paraméter kedvezőbb ($p= 0,039$), mint a helyes testtartású fiúk értékei (33. táblázat).

32. táblázat

A helyes testtartású és a hanyag testtartású gyermekek COP-paraméterei 17 paraméter átlag±szórás értékei és a statisztikai összehasonlítás eredménye

	Helyes testtartású gyermekek (átlag±szórás)	Hanyag testtartású gyermekek (átlag±szórás)	Mann-Whitney U-teszt szignifikancia- szintje (<i>p</i>)	Erősség G*Power alapján
95% CE tengelyei közötti arány	1,70±0,59	1,59±0,48	0,285	0,079
95% CE területe (mm ²)	289,83±209,67	279,67±204,33	0,967	0,05
Pálya hossza (mm)	923,13±350,32	975,95±326,67	0,158	0,102
Max sebesség (mm/s)	130,22±79,86	158,89±167,85	0,329	0,074
AP-ML tartomány aránya	1,28±0,59	1,23±0,38	0,68	0,054
LDD (%)	6,25±5,19	8,15±5,9	0,021	0,192
AP LA (mm)	31,13±17,24	28,45±12,32	0,633	0,056
ML LA (mm)	26,92±14,91	26,64±16,32	0,788	0,052
A _{max} kitérés (mm)	28,86±14,23	27,39±12,97	0,489	0,062
P _{max} kitérés (mm)	28,35±13,09	28,24±14,06	0,763	0,052
AP MPF (Hz)	0,15±0,07	0,16±0,07	0,56	0,059
ML MPF (Hz)	0,19±0,07	0,19±0,09	0,484	0,063
SPR	2,22±3,14	1,90±1,92	0,341	0,073
AP LMR	10,69±9,50	9,80±10,08	0,427	0,066
AP MHR	11,72±6,25	10,37±5,52	0,108	0,118
ML LMR	6,54±5,85	7,59±7,19	0,486	0,062
ML MHR	11,53±5,00	9,18±4,25	0,002	0,05

Megjegyzés: *CE*: konfidenciaellipszis, *AP*: anteroposterior, *ML*: mediolateralis, *LDD*: terheléseloszlási különbség a két végtag között, *LA*: legnagyobb amplitúdó, *A*: anterior, *P*: posterior, *max. dev.*: maximumális kitérés, *MPF*: átlag teljesítmény-frekvencia, *SPR*: spektrális teljesítmény arány, *LMR*: frekvencia-teljesítmény arányok alacsony-közepes frekvenciasávok között, *MHR*: frekvencia teljesítmény arányok közepes-magas frekvenciasávok között, **vastaggal** a szignifikáns eltérést jelöltük

33. táblázat

A helyes testtartású és a hanyag testtartású fiúk és lányok COP paraméterei 17 paraméter átlagok közötti különbség értékei és a statisztikai összehasonlítás eredménye

	Átlagok közötti különbség fiúknál (hanyag -helyes testtartású gyermekek)	Átlagok közötti különbség lányoknál (hanyag-helyes testtartású gyermekek)	Mann-Whitney U test <i>p</i> - értéke	
			fiúk	lányok
95% CE tengelyei közötti arány	-0,23	-0,06	0,317	0,548
95% CE területe (mm ²)	-111,84	44,19	0,066	0,128
Pálya hossza (mm)	3,46	85,58	0,702	0,041
Max sebesség (mm/s)	33,45	27,44	0,791	0,321
AP-ML tartomány aránya	-0,01	-0,07	0,769	0,823
LDD (%)	1,49	2,13	0,245	0,036
AP LA (mm)	-4,78	-1,48	0,257	0,781
ML LA (mm)	-3,27	1,53	0,185	0,416
A _{max} kitérés (mm)	-5,85	0,96	0,039	0,471
P _{max} kitérés (mm)	-4,37	2,24	0,096	0,377
AP MPF (Hz)	0,01	0,01	0,67	0,559
ML MPF (Hz)	0,03	-0,02	0,659	0,247
SPR	-0,23	-0,39	0,537	0,448
AP LMR	-2,22	-0,31	0,724	0,422
AP MHR	-1,27	-1,5	0,402	0,166
ML LMR	-1,48	2,3	0,825	0,31
ML MHR	-4,38	-1,32	0,001	0,138

Megjegyzés: *CE*: konfidenciaellipszis, *AP*: anteroposterior, *ML*: mediolateralis, *LDD*: terheléseloszlási különbség a két végtag között, *LA*: legnagyobb amplitúdó, *A*: anterior, *P*: posterior, *max. dev.*: maximumális kitérés, *MPF*: átlag teljesítmény-frekvencia, *SPR*: spektrális teljesítmény arány, *LMR*: frekvencia teljesítmény arányok alacsony-közepes frekvenciasávok között, *MHR*: frekvencia-teljesítmény arányok közepes-magas frekvenciasávok között, **vastaggal** a szignifikáns eltérést jelöltük

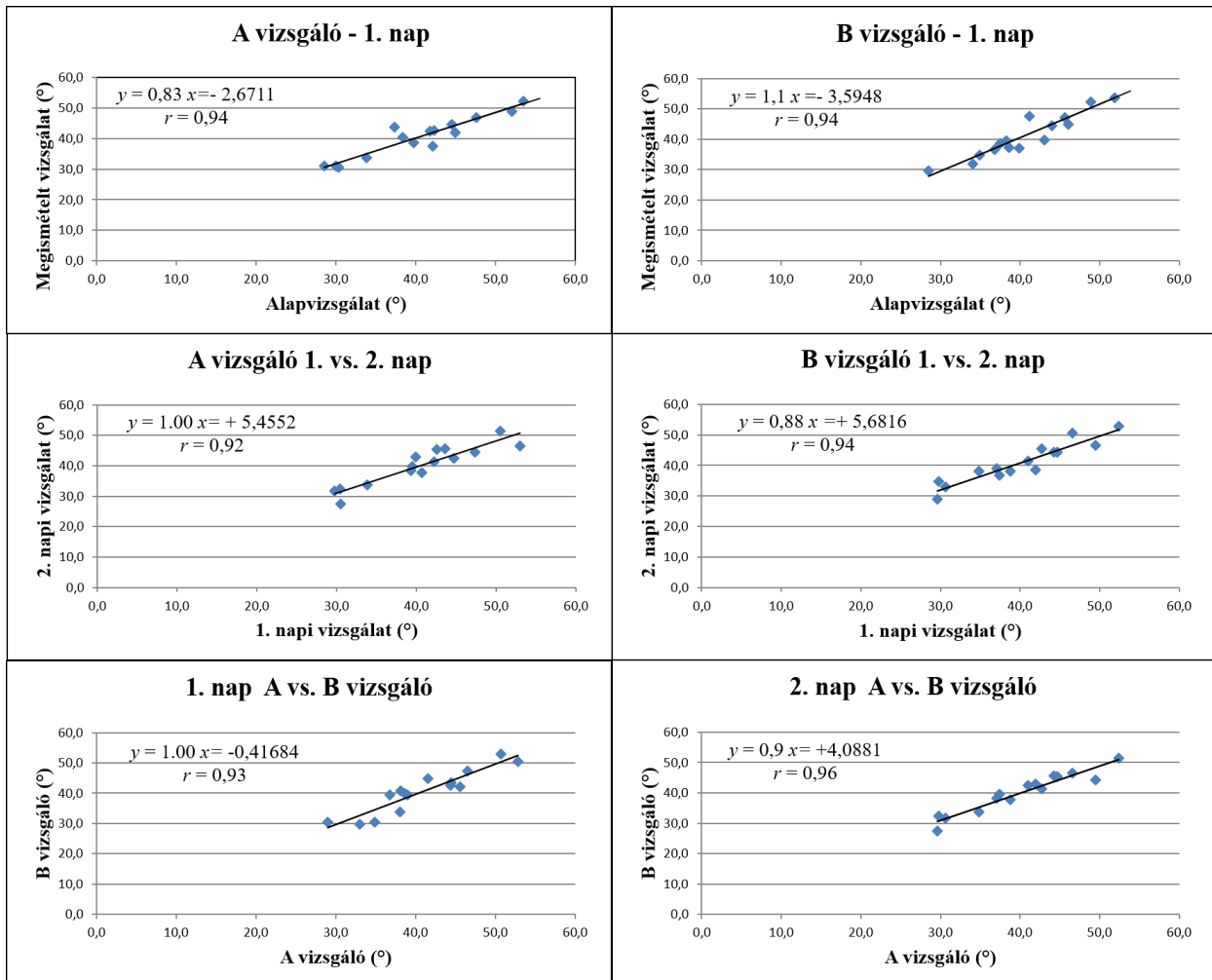
5. MEGBESZÉLÉS

5.1 A Zebris gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálata helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén

5.1.1. Helyes testtartású gyermekek

Az eredményeink (14–17. ábra) azt mutatják, hogy az általunk használt ultrahangalapú gerincvizsgáló rendszer (Zebris CMS-HS) és a hozzá tartozó szoftver (WinSpine) jól használható álló helyzetű gerincvizsgálatra helyes testtartású és hanyag testtartású gyermekek körében is. Viola és munkatársai 25 AIS-ben szenvedő lány vizsgálatára alapján megállapította, hogy a scoliosis mérésére használt Cobb^o - és a Zebris-rendszer által meghatározott processus spinosusok által bezárt szög szoros korrelációt mutat mind a háti, mind a lumbalis szakaszon (Viola és mtsai 2007). Eredményeik értékelésénél nem tértek ki a sagittalis síkú görbületek mérési megismétlési pontosságának megállapítására (Viola és mtsai 2007). Saját vizsgálatunk eredményei azt mutatják a háti kyphosis és a lumbalis lordosis esetén is, hogy a megismétlés pontossága megfelelő, mivel a különböző időpontban és különböző mérést végző személlyel végzett mérések között a Pearson-féle korreláció kiváló (0,90–0,97) (14., 15. ábra). Megállapításunk Geldhof és munkatársainak következtetésével ellentétes, mivel Geldhof és munkatársai szerint megbízható pontossággal a gerinc alakja csak ülő helyzetben határozható meg (Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b). Ők a megismétlési pontosság meghatározásához szükséges méréseiket 19 fiú és 22 lány hátizom-erősítő programban rész vett, valamint 11 fiú és 17 lány kontrollcsoportba sorolt gyermekek végezték el mind ülő, mind természetes, egyenes testtartásban, álló helyzetben. Az 1 hét különbséggel végzett teszt és reteszt vizsgálatok alapján álló helyzetben kyphosisban az $ICC:0,39$, lordosisban $ICC:0,37$ volt. Ülő helyzetben ennél jobb eredményeket kaptak: kyphosis $ICC:0,69$, lordosis $ICC:0,52$ volt

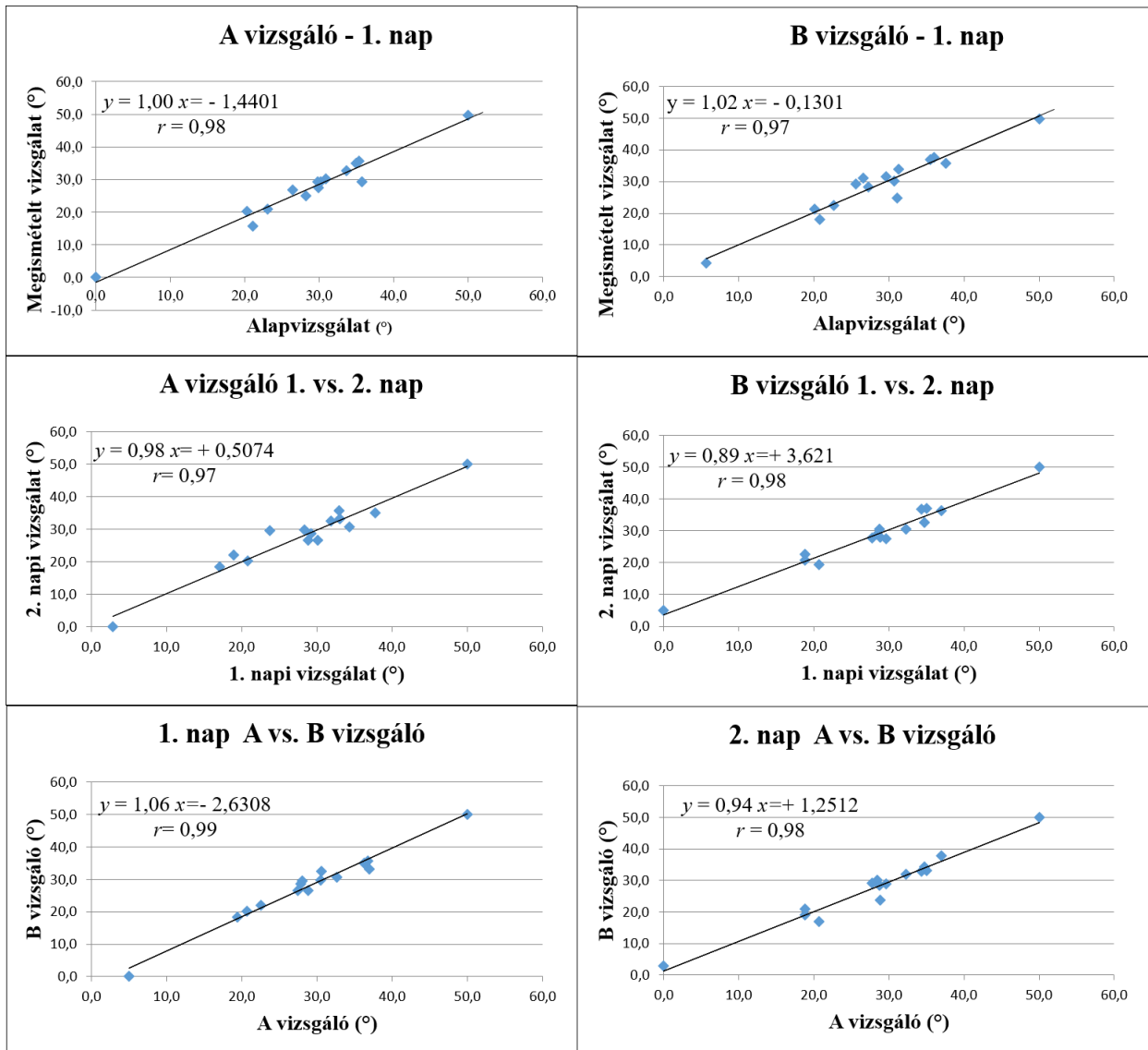
(Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b). Ezek alapján álló helyzetű vizsgálatokat a továbbiakban nem folytattak.



14. ábra

A TK szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén

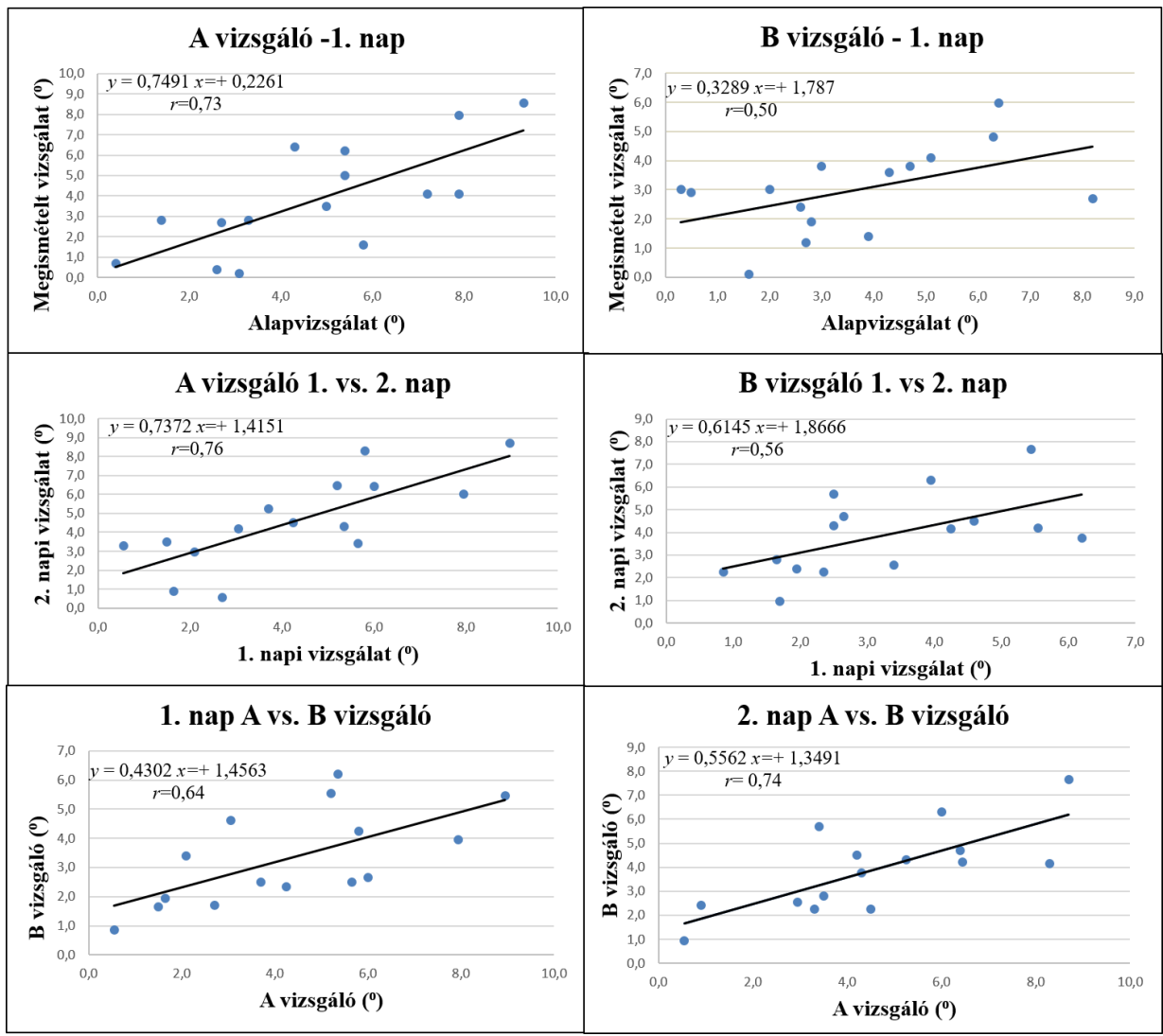
Különböző vizsgálok különböző vizsgálati időpontokban elvégzett mérései alapján
adattárok regressziós egyenesekkel és azok jellemzőivel



15. ábra

Az LL szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén

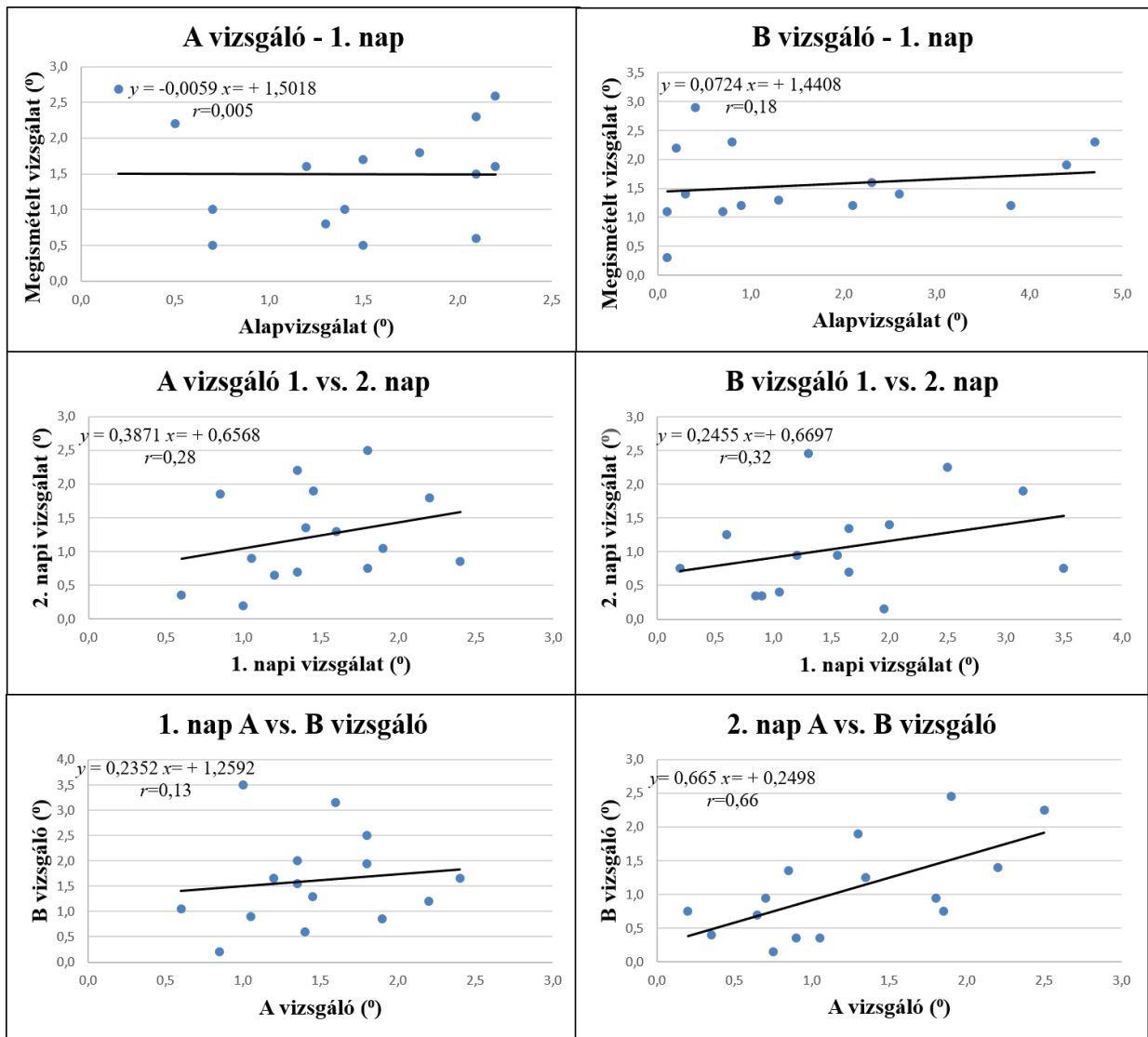
Különböző vizsgálók különböző vizsgálati időpontokban elvégzett mérései alapján
adatpárok regressziós egyenesekkel és azok jellemzőivel



16. ábra

A *TTI* szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén

Különböző vizsgálók különböző vizsgálati időpontokban elvégzett mérései alapján
adatok regressziós egyenesekkel és azok jellemzőivel



17. ábra

Az *LI* szög megbízhatóságelemzése helyes testtartású gyermekek esetén

Különböző vizsgálók különböző vizsgálati időpontokban elvégzett mérései alapján adatképek regressziós egyenesekkel és azok jellemzőivel

Az eltérés okai a következők lehetnek:

- A két munkacsoport által használt eszköz és feldolgozóprogram eltérő verziója.
- Geldhof és munkatársai (Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b) a gerinc alakját a jelölőceruza végighúzásával, míg mi a processus spinosusok egyedi kijelölésével adtuk meg.

- A gerinc görbületeit Geldhof és munkatársai (Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b) két egymás utáni csigolya processus spinosusai által meghatározott egyenesek által bezárt szögként, míg mi a 19 processus spinosusra illesztett görbe érintőiként definiáltuk.

Az ülő helyzetben végzett vizsgálat nem ad megfelelő képet a természetes, egyenes testtartásról, így intézetünkben ilyen típusú vizsgálatok nem folytak. Méréseink eredményének értékelése a kiváló korreláció (0,90–0,99), valamint a regressziós egyenes 1-hez közeli értéke (0,83–1,06) együttesen azt mutatja (14., 15. ábra), hogy a Zebris gerincvizsgálat megbízható a gerinc alakját leíró háti kyphosis és lumbalis lordosis szögérték meghatározásához. A *TTI* esetén a közepes (0,37–0,74), míg a *LI* esetén a gyenge korreláció (0,005–0,66) arra enged következtetni, hogy a gyermekek súlypontjuk állandó pozícióban tartása nem megfelelő (16. és 17. ábra). Ezeket az eredményeket a megismétlési pontosságot jellemző *ICC* és *SEM* értékek is megerősítik (14. táblázat). A *TK* és *LL* megismétlési pontossága kiváló (14. táblázat), mivel az *ICC* értéke magas ($ICC \geq 0,934$), a *SEM* értékek alacsonyak ($SEM \leq 1,743^\circ$). A legrosszabb megismétlési pontosságot az *LI* értékének meghatározásánál találtuk ($ICC \geq 0,204$, $SEM \leq 0,655^\circ$) (14. táblázat).

*A helyes testtartású gyermekek esetén a Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel meghatározott, statikus testtartást jellemző gerincgörbületi szögek megismétlési pontossága kiváló ($ICC \geq 0,934$, $SEM \leq 1.743^\circ$). Ez alapján a módszer helyes testtartású gyermekek esetén megbízható, az utánkövetésre megfelelő pontossággal használható. A *TTI* és *LI* megismétlési pontossága rosszabb ($ICC \geq 0,204$, $SEM \leq 0,655^\circ$), ennek oka vélhetően az, hogy gyermekek még nem képesek a súlypontjuk elmozdulását minimálisra csökkenteni, így a vizsgálatok végzésekor a helyes testtartás megtartására oda kell figyelni.*

5.1.2. Gerincferdülésben szenvedő gyermekek

A gerincferdülésben szenvedő gyermekek eredményeiből számított *ICC* és *SEM* értékek alapján a megismétlési pontosság mindkét vizsgáló mérései alapján kiváló. Az *ICC* értéke 0,814–0,985 közötti (17. táblázat), amely Fölsch és munkatársai helyes testtartású 28 fiatal, felnőtt férfin mért értékekből meghatározott *ICC* értékekkel azonos

(Fölsch és mtsai 2012). Ezt mutatja a *SEM* értékek közel azonossága is (Fölsch és mtsai 2012). Geldhof és munkatársai álló testhelyzetben gyenge megismétlési pontosságot kaptak (19 fiú és 22 lány hátizom-erősítő programban rész vett, valamint 11 fiú és 17 lány kontrollcsoportba sorolt) (Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b). Az eltérés oka vélhetően az, hogy Geldhof és munkatársai sem a testtartást, sem a mérés menetét nem egységesítették. A kiváló és jó megismétlési pontosságot az is megerősíti, hogy a két mérést végző személy esetén az *ICC* értéke 0,793-nél nagyobb, *SEM* értéke $3,865^\circ$ -nál kisebb (17. táblázat).

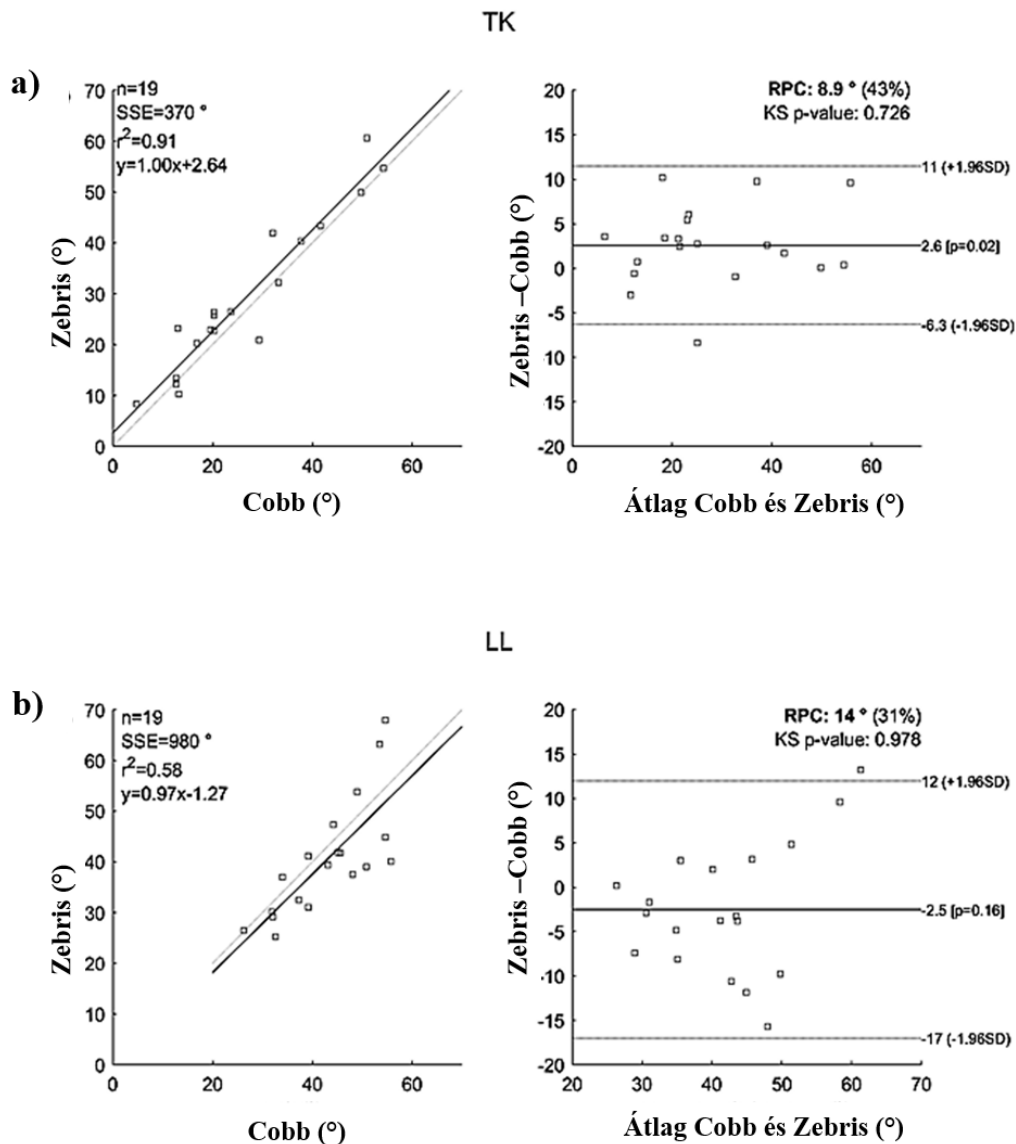
A legrosszabb megismétlési pontosságot ($ICC_{test-retest}$: 0,814; $ICC_{inter-rater}$: 0,793; $SEM_{test-retest}$: $3,419^\circ$; $SEM_{inter-rater}$: $3,865^\circ$;) a lumbalis lordosis szögértékének meghatározásánál mértük, amely megegyezik mind Fölsch és munkatársai, mind Geldhof és munkatársai által tett megállapításokkal (Fölsch és mtsai 2012, Geldhof és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b). Az alacsonyabb, de még mindig kiváló megismétlési pontosság oka vélhetően a lumbalis gerincszakasz mellett lévő vastosabb paravertebrális izomzat. Az optikaialapú és radiológiai alapú mérések összehasonlításakor is azt kapták (2 fiú, 8 lány), hogy a lumbalis szakaszon a megismétlés pontossága rosszabb (Schmid és mtsai 2015). A későbbiekben érdemes lenne a vizsgálatot súlyosabb scoliosisos esetekre is kiterjeszteni, hogy következtetéseket tudjunk levonni a scoliosis mértékének befolyásoló hatásáról.

A scoliosisban szenvedő lányok esetén a Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel meghatározott statikus testtartást jellemző gerincgörbületi szögek megismétlési pontossága kiváló ($ICC \geq 0,793$, $SEM \leq 3,869^\circ$). Ez alapján a módszer scoliosisban szenvedő gyermekek esetén is megfelelően megbízható és pontos, így az ultrahangalapú gerincvizsgáló rendszer scoliosisban szenvedő gyermekek utánkövetéséhez is használható.

5.2. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása tradicionális röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott gerincgörbületi értékekkel

A kutatás egyik fontos célja volt, a Zebris gerincvizsgáló módszer validálása sagittális és frontális gerincgörbületi értékek gold standardnek tekinthető

röntgenfelvételeken Cobb módszerrel meghatározott és a Zebris gerincvizsgáló módszerrel meghatározott értékek összehasonlításával. A vizsgálatokat statikus álló helyzetben, AIS-ben szenvedő gyermekeken végeztük. A validálás elemzése Bland–Altman-analízissel történt (Bland és Altman 1986). A Zebris gerincvizsgáló módszerrel sagittalis és a frontalis gerincgörbűletek értéke megbízhatóan meghatározható, ugyanakkor a thoracolumbalis/lumbalis frontalis gerincgörbűleteket a Zebris gerincvizsgáló módszer következetesen alábecsüli (18., 19. ábra) (Takács és mtsai 2018).



18. ábra

A két mérési módszerrel meghatározott sagittális síkú gerincgörbületek

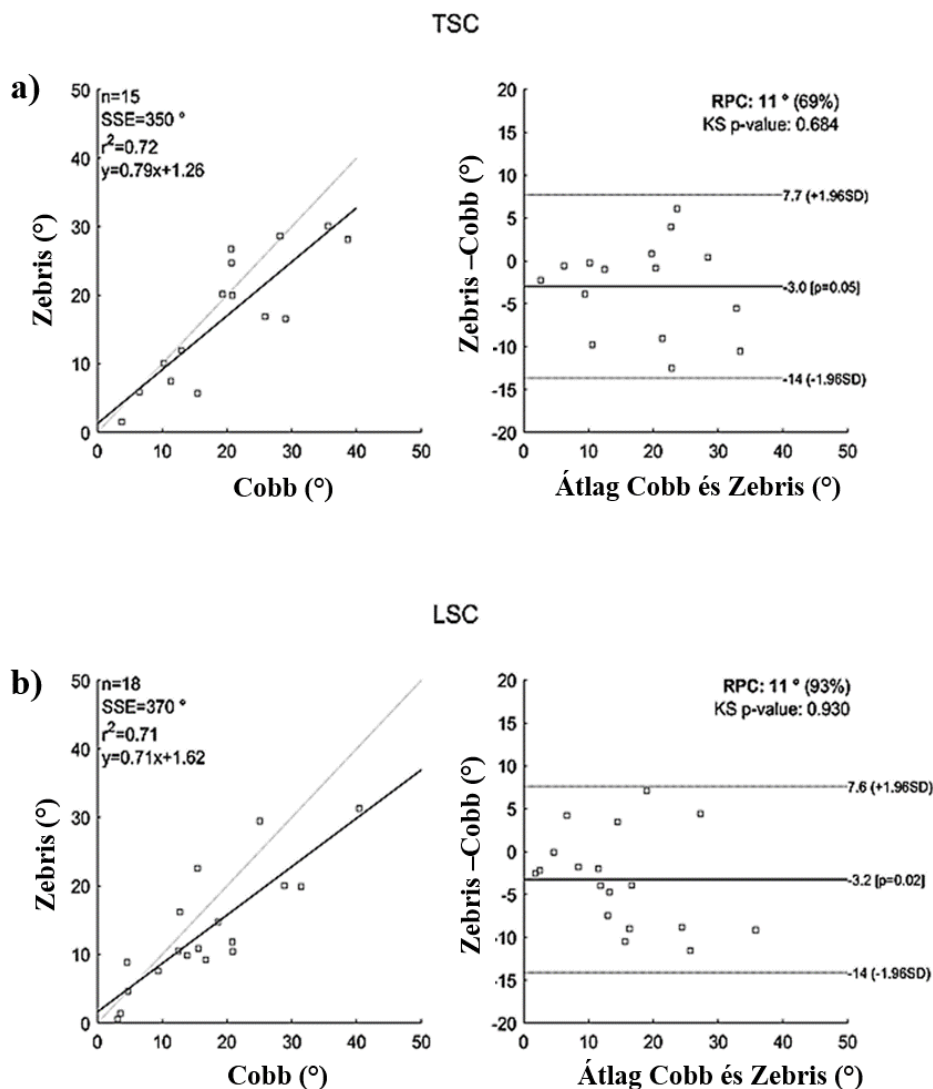
Bland-Altman ábrája

A vizsgált gyermekek gerincgörbületi értékeit kétirányú gerinc-röntgenfelvételen

Cobb-módszerrel és Zebris gerincvizsgáló eszközzel határoztuk meg

a) TK: thoracalis kyphosis, b) LL: lumbalis lordosis

Megjegyzés: *SSE*: négyzetes hiba összege; r^2 : Pearson-féle *r*-érték négyzete; *RPC* (%): reprodukálhatósági együttható és % -a; *KS*: KolmogorovSmirnov-teszt a különbségek normalitására, minden érték nagyobb, mint 0,05, az eloszlás Gauss-szerinti;



19. ábra

A két mérési módszerrel meghatározott frontális síkú gerincgörbületek

Bland-Altman ábrája

A vizsgált gyermekek gerincgörbületi értékeit kétirányú gerinc-röntgenfelvételen

Cobb-módszerrel és Zebrius gerincvisszó eszközzel határoztuk meg

a) TSC: thoracalis scoliosis; b) LSC: lumbalis scoliosis

Megjegyzés: SSE: négyzetes hiba összege; r^2 : Pearson-féle r -érték négyzete; RPC (%): reprodukálhatósági együttható és % -a; KS: KolmogorovSmirnov-teszt a különbségek normalitására, minden érték nagyobb, mint 0,05, az eloszlás Gauss-szerinti;

Csak néhány olyan tanulmány van, amely regressziós analízist használva helyes testtartású gyermekeken a gerinc görbületének a sagittalis síkban való értékelésére markeralapú mozgásvizsgáló rendszert kétirányú gerinc röntgenfelvételeken Cobb-módszerrel meghatározott szögértékekkel hasonlította össze (Bryant és mtsai 1989, Hashemirad és mtsai 2013, Mörl és Blickhan 2006, Zemp és mtsai 2014). Egy tanulmányt találtunk, amely bőrre helyezett markeralapú mozgáselemző rendszert használt a sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületek értékének meghatározására, azonban csak regressziós analízist használtak (Ludwig és mtsai 2016, Schmid és mtsai 2015). Az említett és jelen tanulmányunk módszerét és eredményeit a 34. és 35. táblázatban hasonlítottuk össze (Schmid és mtsai 2015). Az irodalomban talált vizsgálatban a 11 csigolya processus spinosusának pozícióját a fölöttük lévő bőrhöz rögzített reflexiós markerekkel VICON mozgáselemző rendszerrel határozták meg (Schmid és mtsai 2015). A jelen vizsgálatban a 19 csigolya processus spinosusának pozícióját a Zebris ultrahangalapú mozgáselemző rendszerrel jelölőceruzával, a processus spinosus fölötti bőr megjelölésével határoztuk meg. A Bland–Altman-analízis alapján megállapítható, hogy a mérési eredmények normáleloszlásúak (18., 19. ábra).

34. táblázat

A korábbi vizsgálat és a saját vizsgálatunk összehasonlítása I.

(Schmid és mtsai 2015)

A korábbi vizsgálat VICON rendszerrel történt és regressziós analízis használt, a jelen vizsgálatban Zebris CMS-HS rendszert és Bland-Altman módszert használtunk

		Korábbi vizsgálat (Schmid és mtsai 2015)	Jelen tanulmány
Vizsgált gyermekek	vizsgált gyermekek száma	10	19
	nem	8 lány és 2 fiú	17 lány és 2 fiú
	kor (év)	14,8±1,3 (12-16)	14,5±2,1 (8-16)
	testtömeg (kg)	55,3±12,7 (38,5-85,5)	50,5±10,6 (30-67)
	testmagasság (cm)	165±10 (152-184)	165,4±11,1 (140-182)
	Lenke féle stádium (Lenke et al., 2001)	1 és 3	1 és 3
Mozgás vizsgáló rendszer (MAS)	típus	VICON 12 kamerával	Zebris CMS-HS
	markerek	reflectív markerek 9-14 mm-es átmérővel	felületi marker 4 mm-es átmérővel
	vizsgált processus spinosus	C7, T3, T5, T7, T9, T11, L1-L5	C7-S1
Pozíció		álló	álló
Cobb-szög (°)	sagittalis thoracalis	17,5±10,1	26,7±14,6
	sagittalis lumbalis	47,3±16,8	43,0±9,0
	frontalis thoracalis	44,4±17,7	19,9±10,2
	frontalis thoracolumbalis/lumbalis	36,9±12,6	16,6±10,2
Mozgásvizsgáló rendszerrel meghatározott szögek (MAS) (°)	sagittalis thoracalis	nincs számszerű adat	29,3±15,2
	sagittalis lumbalis	nincs számszerű adat	40,5±11,5
	frontalis thoracalis	nincs számszerű adat	17,0±9,5
	frontalis thoracolumbalis/lumbalis	nincs számszerű adat	13,3±8,6

35. táblázat

A korábbi vizsgálat és saját vizsgálatunk összehasonlítása II.

(Schmid és mtsai 2015)

A korábbi vizsgálat VICON rendszerrel történt és regressziós analízis használt, a jelen vizsgálatban Zebris CMS-HS rendszert és Bland-Altman módszert használtunk

		Korábbi vizsgálat (Schmid és mtsai 2015)	Jelen tanulmány	
összehasonlítás		regressziós analízis	Bland-Altman módszer	
A regressziós analízis eredménye RTG= $x \cdot \text{MAS} + y$	sagittalis thoracalis	x	0,897	1,00
		y	-9,06	2,64
		r^2	0,901	0,91
	sagittalis lumbalis	x	0,946	0,970
		y	-2,45	-1,27
		r^2	0,681	0,58
	frontalis thoracalis	x	0,764	0,790
		y	-26,300	1,26
		r^2	0,700	0,72
	frontalis thoracolumbalis/ lumbalis	x	0,863	0,710
		y	-17,6	1,62
		r^2	0,521	0,707
A különbség átlaga (°)	sagittalis thoracalis	nem vizsgálták	2,6	
	sagittalis lumbalis	nem vizsgálták	-2,5	
	frontalis thoracalis	nem vizsgálták	-3,0	
	frontalis thoracolumbalis/lumbalis	nem vizsgálták	-3,2	
Megállapított határérték (°)	sagittalis thoracalis	nem vizsgálták	alsó határ	felső határ
			11,0	-6,3
	sagittalis lumbalis	nem vizsgálták	12,0	-17,0
	frontalis thoracalis	nem vizsgálták	7,7	-14,0
frontalis thoracolumbalis/lumbalis	nem vizsgálták	7,6	-14,0	

Először a sagittalis gerincgörbületeket (*TK és LL*) elemezve megállapítható, hogy mindkét vizsgálat regressziós analízisének eredményei hasonlóak. Ez megerősíti eredményünket: a sagittalis görbületek értékei ($r_{TK}= 0,95$; $r_{LL}= 0,76$) közötti korreláció kiváló és nagyon jó. A korreláció értéke hasonló a korábbi vizsgálatok eredményeihez, amelyeket helyes testtartású gyermekek esetén kaptak (Bryant és mtsai 1989, Hashemirad és mtsai 2013, Mörl és Blickhan 2006, Zemp és mtsai 2014). Eredményeink egy korábbi tanulmány eredményeivel azonos tendenciájúak, miszerint a processus spinosusból származó sagittalis lumbalis gerincgörbületek a Cobb-módszer által meghatározott szögekhez képest alábecsültek (Schmid és mtsai 2015). Ezt a határérték negatív előjele is ($-2,5^\circ$, 95% CI $1,1^\circ$; $-6,1^\circ$) mutatja: a Cobb-módszerrel meghatározott érték nagyobb, mint a processus spinosus térbeli helyzetéből számított szögérték. A Bland–Altman-módszerrel történt összehasonlítás eredményei (18b ábra) azt mutatták, hogy a sagittalis síkban a lumbalis gerincgörbületi értékek meghatározásának a pontossága rosszabb volt (a 95% -os konfidenciaintervallum és a megállapított határérték), mint a thoracalis görbületeké. Ezt az is mutatja, hogy az *LL* szög *RPC* értéke 14° alatt van (18. ábra). Ezek a megállapítások egybecsengenek a Spinal Mouse eszközzel és a markeralapú mozgásvizsgáló módszerrel végzett mérések validálásának eredményével (Livanelioglou és mtsai 2016, Schmid és mtsai 2015). Az *LL* szög Bland–Altman-diagramja (18. ábra) azt is mutatja, hogy az 50° -nál nagyobb *LL* értékek esetén a különbségek növekednek, ami a korábbi vizsgálatok eredményeivel megegyezik (Livanelioglou és mtsai 2016, Schmid és mtsai 2015). A két vizsgálati módszerrel meghatározott szögértékek közül legkisebb korrelációt ($r= 0,76$) az *LL* szög esetén találtuk. Korábbi tanulmányok szerint a *TK* mérés megbízhatósága jobb, mint az *LL* mérési megbízhatósága (Bryant és mtsai 1989, Hashemirad és mtsai 2013, Mörl és Blickhan 2006, Zemp és mtsai 2014). Schmid és munkatársai szerint radio-opaque marker radiológiai mérésekkel végzett összehasonlítása alapján a lumbalis gerincszakason mért szögértékek gyengébb megbízhatóságának egyértelmű oka a lumbalis gerincszakason lévő vastagabb lágyrész (Schmid és mtsai 2015). Az irodalmi adatok szerint a lumbalis szakason a paravertebralis izomzat mindig nagyobb, mint a háti szakason (Bryant és mtsai 1989, Fölsch és mtsai 2012, Geldhof

és mtsai 2007a, Geldhof és mtsai 2007b; Harlick és mtsai 2007, Hashemirad és mtsai 2013, Herzenberg és mtsai 1990, Mörl és Blickhan 2006, Schmid és mtsai 2015, Snider és mtsai 2011, Zemp és mtsai 2014). A lumbalisan elhelyezkedő subcutan zsírszövet vastagsága lehet az oka annak, hogy a mélyebben fekvő csontos képletek helyzetének meghatározása pontatlanabb. Méréseink ezt a hipotézist csak közvetetten támasztják alá: a két módszerrel meghatározott *LL* szög értékei közötti különbség és a testtömegindex% közötti korreláció jó ($r= 0,56$). Ez azt jelenti, hogy a magasabb testtömegindexű gyermekeknél a lumbalis régióban a processus spinosusok tapintása nagyobb figyelmet igényel.

A frontalis gerincgörbületeket elemezve (*TSC* és *LSC*) a jelen tanulmány azt mutatja, hogy a frontalis thoracolumbalis/lumbalis görbületek korrelációja kiváló ($r_{LSC}= 0,85$). A frontalis thoracolumbalis/lumbalis görbületek eltérése $-3,2^\circ$ volt, a 95% -os *CI* $0,5^\circ-0,0^\circ$. Ez kisebb, mint az Aroeira és munkatársai által használt számítógépes fotogrammetriát alkalmazott módszer hibája ($5,1^\circ$) (Aroeira és mtsai 2011). A processus spinosusokból számolt frontalis thoracolumbalis/lumbalis görbületi szögek kisebbek, mint a Cobb-módszerrel meghatározott értékek (19b ábra), amit a határérték negatív előjele is mutat. Az egyértelmű alulbecslés okai feltehetően a csigolyákon kialakuló deformálódás és az AIS rotációs deformitása (azaz axiális rotáció és a csigolyák belső axiális torziós deformitása) (Mörl és Blickhan 2006, Parent és mtsai 2002). A frontalis thoracalis görbület szögének korrelációja kiváló ($r_{LSC}= 0,85$), a határérték $3,0^\circ$, a 95% *CI* $0,0^\circ-0,6^\circ$, (19a ábra) ami megegyezik az Aroeira és munkatársai által végzett számítógépes fotogrammetriával végzett mérés hibájával ($2,9^\circ$) (Aroeira és mtsai 2011). A processus spinosusokból számolt frontalis thoracalis görbületi szögek kisebb értékeket adnak, mint a Cobb-módszerrel meghatározott szögek (19a ábra). Az ágyéki szakaszhoz hasonlóan ez a csigolyákon kialakuló deformációk és az AIS-betegék rotációs deformitásának a következménye (Parent és mtsai 2002, Schmid és mtsai 2015). Aroeira és munkatársai szerint a számítógépes fotogrammetriai módszeren alapuló mérési módszer előnye, hogy olcsó digitális fényképezőgép segítségével a sagittalis és a frontalis görbületi szögeket egy méréssel határozza meg (Aroeira és mtsai 2011). A Zebris gerincevizsgáló módszerrel meghatározott frontalis thoracolumbalis/lumbalis görbületi szögek közötti különbség ($3,2^\circ$) (19b ábra) lényegesen kisebb, mint a számítógépes fotogrammetriás módszert alkalmazó módszer

(5,1°) hibája. Aroeira és munkatársai azt is megállapították, hogy a számítógépes fotogrammetriás módszert alkalmazó mérés fő hátránya, hogy a mérés átlagos időtartama (pozicionálás, felszíni jelölés, expozíció és egy görbület mérése) 28 perc, míg a Zebris gerincvizsgálat átlagos időtartama (pozicionálás, az anatómiai pontok tapintása, a processus spinosusok és egy görbület mérése) 17 perc (Aroeira és mtsai 2011). Aroeira és munkatársai által ismertett módszer megismétlési pontossága ismeretlen, és csak a két módszerrel meghatározott szögértékek közötti különbség ismert, más, a pontosságot befolyásoló jellemzők nem ismertek (Aroeira és mtsai 2011). A scoliosis observatiojánál figyelmet kell fordítani a sagittalis síkú görbületek torzulására, amely elsősorban a háti kyphosis ellapulásában nyilvánulhat meg, ami a scoliosis progressziójának jele lehet (Janssen és mtsai 2013, Negrini és mtsai 2012). A háti kyphosis ellapulása mint a scoliosis másodlagos jele, a progresszió megítélésére is alkalmas. A kiváló test-retest megismétlési pontosság és az alacsony hiba (2,6°), valamint a kiváló korreláció ($r= 0,95$) (18a ábra) együttesen biztosítják a TK értékek meghatározásának pontosságát (Takács és mtsai 2018).

A jelen vizsgálatnak van néhány hiányossága: a validálás ugyanazon a napon történt, míg a mérések nem párhuzamosan zajlottak. A processus spinosusok jelölőceruzával történő kijelölésének a megbízhatóságát nem vizsgáltuk. A frontalis síkú gerincgörbület alulbecslése arra enged következtetni, hogy a jövőben szükséges lenne nagyobb elemszámmal elvégezni a méréseket, és szisztematikus korrekciót kialakítani.

Szakmai ajánlások szerint a röntgenfelvételek készítése csak évente egyszer javasolt (Knott és mtsai 2014). A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel végzett vizsgálatok sem a diagnózis felállításakor, sem a progresszió évenkénti értékelésénél nem helyettesíthetik a kétirányú gerinc röntgenfelvételek készítését. Az elvégzett validálás bizonyította, hogy a Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer pontossága megfelelő, így a módszer nyomon követésre évente többször is alkalmazható, a különböző terápiák hatékonyságának vizsgálatára alkalmas, csökkentve ezzel a betegek sugárterhelését. A két radiológiai vizsgálat között a Zebris ultrahangalapú noninvazív gerincvizsgáló módszerrel meghatározott numerikus eredmények objektív képet adhatnak a gerinc görbületeinek változásáról, közvetve a terápia hatékonyságáról is kapunk információt.

A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása AIS-ben szenvedő gyermekeken statikus állásban kétirányú gerinc röntgenfelvételeken Cobb módszerrel meghatározott sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületek összehasonlításával történt. Az eredmények alapján a Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer, mint noninvazív módszer, alkalmas a terápia hatékonyságának a megítélésére és a változások utánkövetésére. Ezt a röntgenfelvételekkel mint gold-standard módszerrel történő összehasonlítás során kapott (sagittalis és frontalis görbületek esetén kapott) kis eltérés ($\leq 3,5^\circ$) alátámasztja. A sagittalis síkú lumbalis lordosis kevésbé pontos meghatározása alapján javasolható, hogy a Zebris gerincvizsgáló módszert nem abszolút fokok mérésére, hanem a tartásbeli változások értékeléséhez célszerű használni. A frontalis síkban lévő thoracolumbalis/lumbalis görbület nagysága szisztematikusan alábecsült, elsősorban a scoliosisos csigolyák rotációs és csontos deformitása miatt.

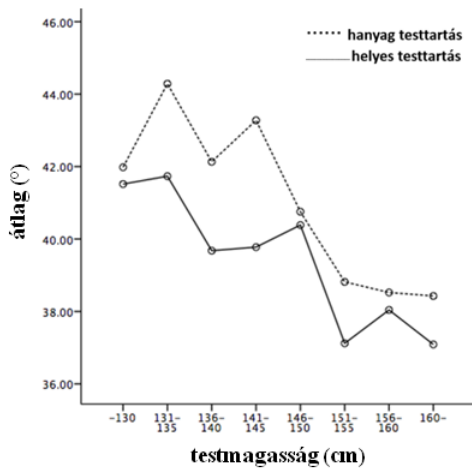
5.3. Iskoláskorú gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületi értékeinek meghatározása Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel

Mindkét vizsgált csoportban (helyes testtartású, hanyag testtartású) mind a négy (*TK*, *LL*, *TTI*, *LI*) szög értékét a vizsgált gyermek neme szignifikánsan befolyásolja, azaz a vizsgálati eredményünk alapján a normálértékeket egyértelműen nemenkénti bontásban kell megadni. Az életkor befolyásoló hatásának vizsgálata nem mutatott egyértelmű eredményt (12., 13. ábra). A lányok esetén mind a hanyag testtartású, mind a helyes testtartású csoportban az életkor a *TK* és *LI* szögek értékeit szignifikánsan, míg a *TTI* és *LL* szögértékeket szignifikánsan nem befolyásolta (12. ábra). A fiúk esetén sem a hanyag testtartású, sem a helyes testtartású csoportban az életkor szignifikánsan nem befolyásolta a *TK* és *LL* szögek értékeit. A helyes testtartású csoportban a *TTI* és *LI* szögértékeket az életkor szignifikánsan befolyásolta (13. ábra), mind a *TTI* mind az *LI* szög értéke növekszik. A hanyag testtartású csoportban a *TTI* és *LI* szögértékeket az életkor szignifikánsan nem befolyásolta. A helyes testtartású lányok adatai alapján a *TK* szög értékeit az életkor szignifikánsan befolyásolta, az életkor növekedésével a *TK* szög értéke csökkenést mutatott (12. ábra). Az *LL* értékekben a kor előrehaladtával nem volt

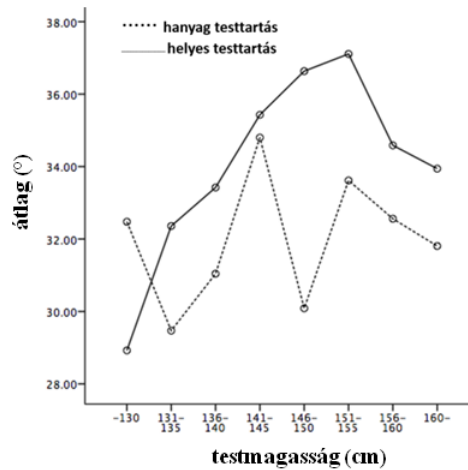
szignifikáns különbség (12. ábra). A helyes testtartású fiúk esetén a *TK* és *LL* értékekben a különböző életkorok között nem volt szignifikáns különbség (13. ábra). A vizsgálataink eredménye alapján az életkor befolyásoló szerepe nem egyértelmű, sőt nemenként ellentmondásos (13. ábra), így az eredményeket minden esetben nemenkénti bontásban kell megadni.

A testmagasság szerinti csoportosítás elemzése (20., 21. ábra) azt mutatja, hogy helyes testtartású fiúk és lányok esetén a *TK* szögérték esetén ellentétes eredményt kaptunk. A helyes testtartású lányok esetén a *TK* szög értéke a magasság növekedésével csökkenő tendenciát mutat, míg a fiúk *TK* értékeiben a 160 cm-es magasságig növekvő tendenciát láthatunk (20., 21. ábra).

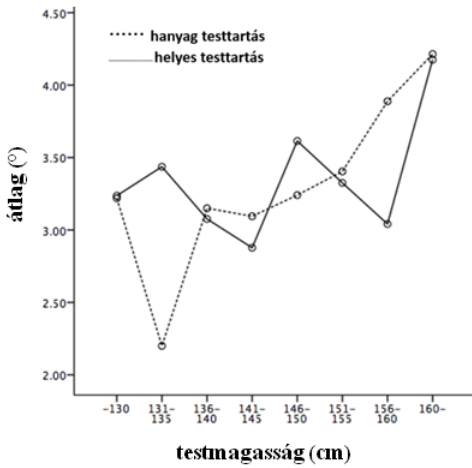
Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Lányok-TK



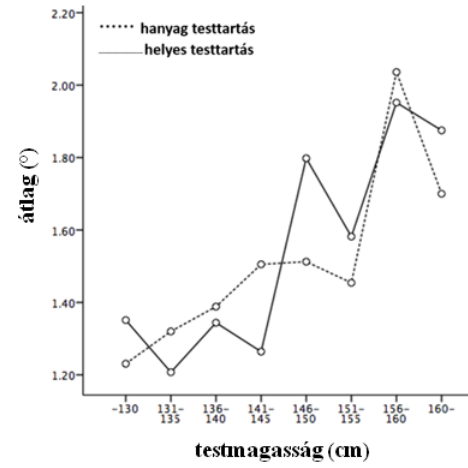
Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Lányok-LL



Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Lányok-TTI



Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Lányok-LI



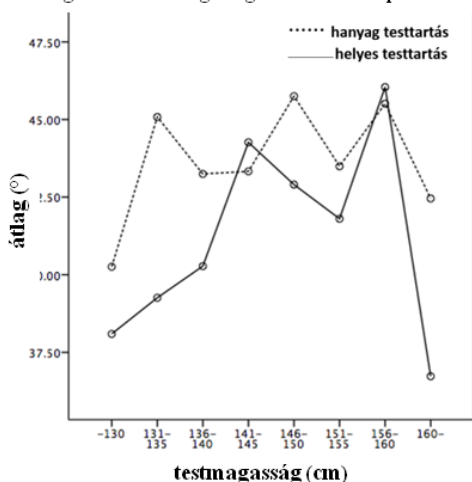
20. ábra

TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású lányok esetén
testmagasság szerint

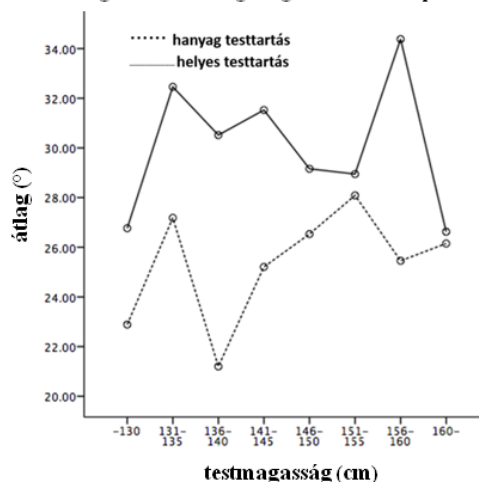
Az átlagértékeket mindkét testtartás csoportban nyolc testmagasság csoportban
határoztuk meg

Megjegyzés: TK: thoracalis kyphosis; LL: lumbalis lordosis; TTI: teljes törzsdőlés;
LI: lateralis dőlés

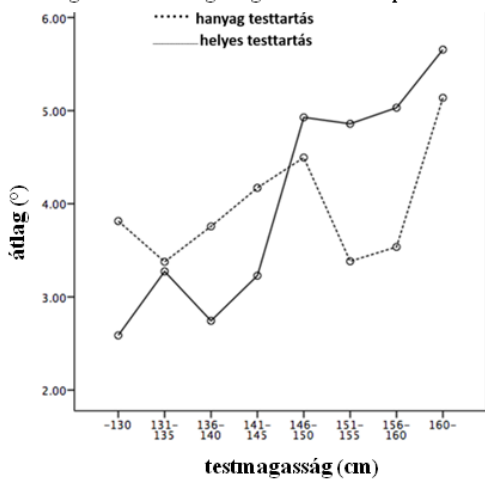
Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-*TK*



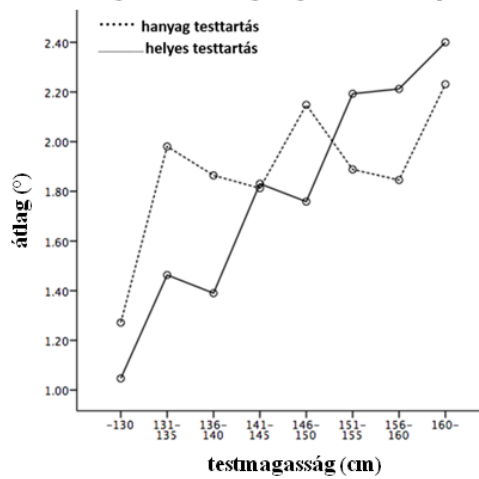
Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-*LL*



Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-*TTI*



Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-*LI*



21. ábra

***TK, LL, TTI, LI* átlagértéke a helyes és hanyag testtartású fiúk esetén testmagasság szerint**

Az átlagértékeket mindkét testtartás csoportban nyolc testmagasság csoportban határoztuk meg

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés

A vizsgálati eredményeink statisztikai feldolgozása alapján (20., 21. ábra) célszerű nemenkénti bontás mellett mind a négy (*TK, LL, TTI, LI*) szög értékének normáltartományát mind a helyes testtartású, mind a hanyag testtartású csoportban testmagasság szerint is tovább bontani (22. és 23. táblázat).

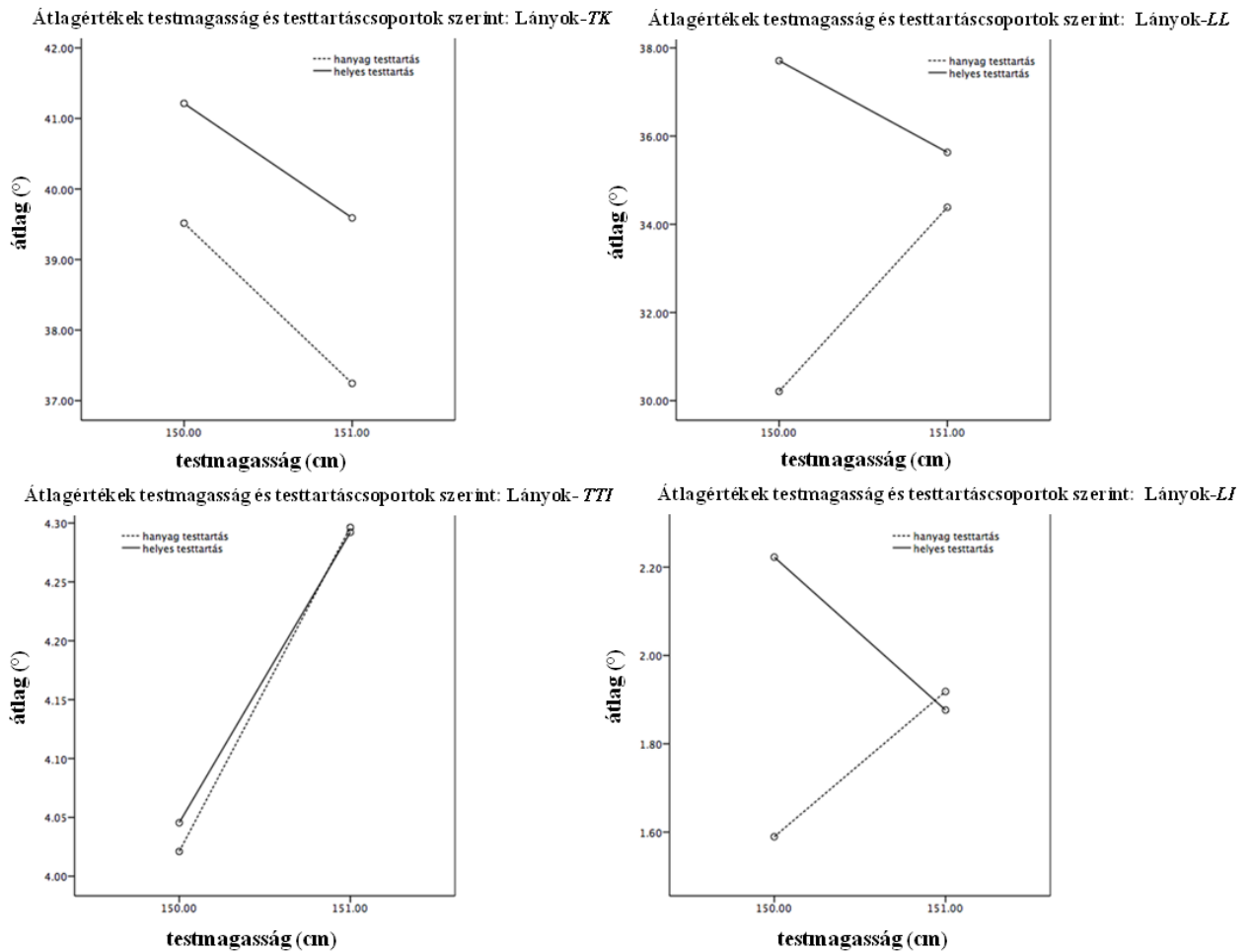
A helyes testtartású csoport esetében a fiúknál a *TK*, míg lányoknál az *LL* értékek mutattak szignifikáns különbséget a magassági csoportokban (13., 21. ábra). Lányok esetén az *LI* értékben is látható szignifikáns különbség a 150 cm-nél alacsonyabbak és a magasabbak alkotta csoport között.

A hanyag testtartású lányok esetén a *TTI* szög az egyetlen, ahol szignifikáns különbség mutatkozott a magassági csoportokban (12., 20. ábra). A hanyag testtartású fiúk esetében látható, hogy mindkét irányú dőlést jellemző szög (*TTI* és *LI*) a magasság növekedésével nőtt, bár itt a magasságcsoportok közötti különbségek nem szignifikánsak (13., 21. ábra). Ezekből látható, hogy hanyag testtartás esetén mind a fiúknál, mind a lányoknál a testtartást jellemző szögértékek (*TTI* és *LI*) a legérzékenyebbek, és a különbségeket jelzik.

A helyes testtartású és a hanyag testtartású gyermekek mind a négy szög értékét fiúk lányok bontásban és 5 cm testmagasság közökben megadtuk (22. és 23. táblázat). Ezek az értékek a következő vizsgálatok esetén akár normáltartományként is használhatók.

Az elvégzett vizsgálatok eredményei azt mutatják (20. és 21. ábra), hogy a hanyag testtartás a gerinc alakját leíró sagittalis gerincgörcbületeket (*TK* és *LL*) szignifikánsan befolyásolja, míg a testtartást jellemző *TTI* és *LI* értékek esetén szignifikáns eltérés nem látható.

Az állásstabilitás hatásának vizsgálatába bevont gyermekek esetén a fenti összehasonlítás szintén elvégezhető. Ebbe a vizsgálatba 113 helyes testtartású (40 fiú, 73 lány) és 68 hanyag testtartású (22 fiú, 46 lány) gyermek került bevonásra. Az előző vizsgálat eredményei alapján a fiúk és lányok eredményeit külön vizsgáltuk és két magassági csoportot alakítottunk ki (150 cm alatti és feletti csoport) (22., 23. ábra).



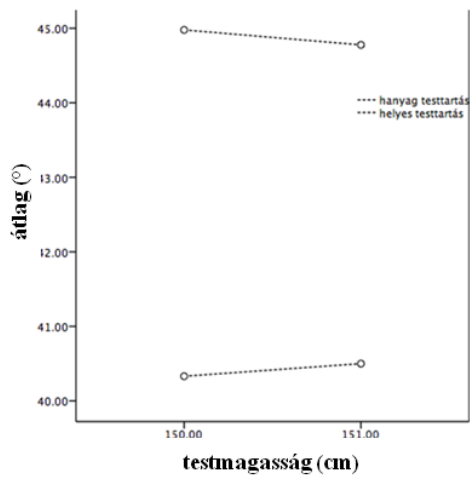
22. ábra

***TK, LL, TTI, LI* átlagértéke a helyes és hanyag testtartású lányok esetén testmagasságcsoportok szerint az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek esetén**

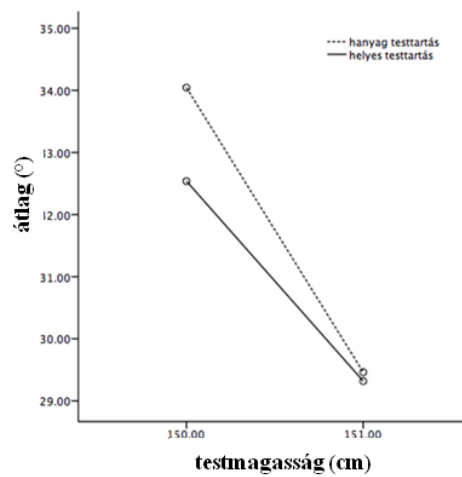
Az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek esetén két testmagasság csoportot alakítottunk ki

Megjegyzés: *TK*: thoracalis kyphosis; *LL*: lumbalis lordosis; *TTI*: teljes törzsdőlés; *LI*: lateralis dőlés

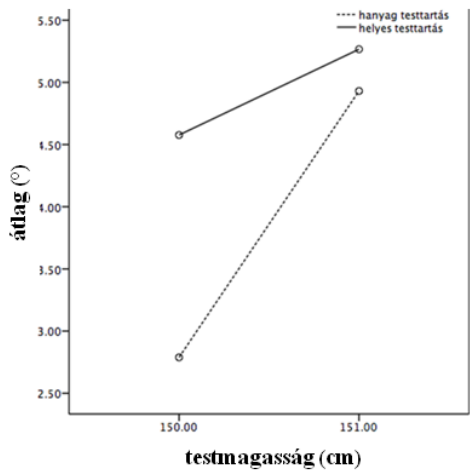
Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-TK



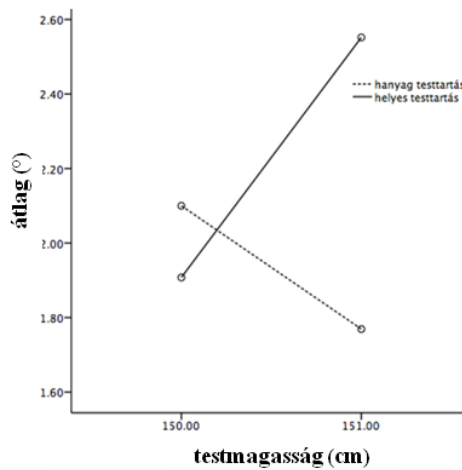
Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-LL



Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-TTI



Átlagértékek testmagasság és testtartáscsoportok szerint: Fiúk-LI



23. ábra

TK, LL, TTI, LI átlagértéke a helyes és hanyag testtartású fiúk esetén testmagasságcsoportok szerint az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek esetén

Az állásstabilitás vizsgálatban résztvett gyermekek esetén két testmagasság csoportot alakítottunk ki

Megjegyzés: TK: thoracalis kyphosis; LL: lumbalis lordosis; TTI: teljes törzsdőlés; LI: lateralis dőlés

Az eredmények az előző vizsgálat eredményeként megadott határértékek között vannak. A statisztikai összehasonlítás megerősítette, hogy a hanyag testtartás a sagittalis gerincgörbületek értékeit (*LL* és *TK*) szignifikánsan befolyásolja (27. és 31. táblázat). *530 helyes testtartású és 394 hanyag testtartású, valamint 113 helyes testtartású és 68 hanyag testtartású gyermekek elvégzett vizsgálat eredményei bizonyították, hogy a hanyag testtartás a sagittalis gerincgörbületek értékeit (TK és LL) szignifikánsan befolyásolja. A normáltartományokat nemenkénti és testmagasság szerinti csoportbontásban célszerű megadni, mivel mind a négy szög értékét (TK, LL, TTI és LI) mind a gyermek neme, mind a testmagassága befolyásolja.*

5.4 A gyermekkori hanyag testtartás hatása az állásstabilitásra

Az 5.3. pontban értékelt eredmények jól mutatják, hogy a hanyag testtartás szignifikánsan befolyásolja az *TK* és az *LL* értéket, amely a két csoport közötti testtartás-különbségeket mutatja. Ez összhangban van korábbi kutatási eredményeinkkel (Takács és mtsai 2015a, Takács és mtsai 2015b). Az irodalomból az is ismert, hogy a testtartásban bekövetkező kis mértékű változás az állásstabilitás vizsgálata során is kimutatható (Bottaro és mtsai 2005, Collins és De Luca 1995). A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy az iskoláskorú gyermekek esetében a hanyag testtartás befolyásolja-e az állásstabilitási paramétereket, összehasonlítva a helyes testtartással rendelkező iskoláskorú gyermekek eredményével. Az irodalmi áttekintés alapján megállapítható, hogy az állásstabilitást hanyag testtartású gyermekeknél a COP által megtett pálya hossza alapján csak egy tanulmány vizsgálta, de a mérési eredményeket helyes testtartású gyermekek eredményével nem hasonlították össze (Ludwig 2017). Saját vizsgálatunk során 68 hanyag testtartású gyermek statikus állásstabilitását 17 független távolság-, idő- és frekvenciaalapú paraméterrel jellemeztük (11. táblázat) (Nagymáté és Kiss 2016a, 2016b). Az egyensúly egy többdimenziós motoros képesség (Sousa és mtsai 2012). Az egyensúly-szabályozás a szenzoros információk és azok központi idegrendszerben történő feldolgozásának kölcsönhatásán alapul (Chiba és mtsai 2016, Kouzaki és Masani 2012). A szenzomotoros kontroll proprioceptív funkciója 3 és 4 éves korban érési folyamaton megy át, majd 6 éves korra stabilizálódik

(Steindl és mtsai 2006). Ezek alapján a jelen vizsgálatba bevont gyermekek szenzomotoros kontrollja stabil, az életkor alapján nincs egyensúlybeli különbség (átlagéletkor 9–13 év) (24. táblázat).

A helyes testtartású csoportban a maximális sebesség, a 95% CE terület és a pálya hossza (24. táblázat) jó egyezést mutat a fiatalok körében végzett korábbi vizsgálatok eredményével (Sakaguchi és mtsai 1994). Ismereteink szerint ez az első tanulmány, amely a hanyag testtartású gyermekek állásstabilitását távolság-, idő- és frekvenciaalapú paraméterekkel egyaránt jellemezte. Ez alapján az irodalomban nem volt referenciaérték a távolság-, idő és frekvenciaalapú paraméterekre. Egy korábbi vizsgálatban csak a pálya hosszának változását elemezték (Ludwig 2017). Az eredmények alapján (24. táblázat) a hanyag testtartású gyermekek állásstabilitása rosszabb, mint a helyes testtartású gyermekeké, a két csoport között szignifikáns különbséget az *LDD* és az *ML MHR* értékek mutatnak. Egyéb paraméterek esetén a különbség nem szignifikáns (24. táblázat). Ez alapján elmondható, hogy hipotézisünket csak részben tudjuk bizonyítani. Eredményeink megegyeznek Ludwig eredményével: a hanyag testtartás következtében nő a COP-pálya hossza, de a különbség nem szignifikáns (Ludwig és mtsai 2017). Az átlagok nemek szerint összehasonlításakor érdekes különbségek figyelhetők meg. A hanyag testtartású fiúk eredményei jobbak, mint a hanyag testtartású lányoké. Míg a fiúk esetén az *AP LA* paraméterek kedvezőbbek a helyes testtartású csoporthoz képest, ami kisebb AP irányú kitérés jelent, addig a lányok esetén a COP-pálya hossza megnőtt. Mindkét paraméter megbízható COP-jellemző, ezért ezek különbségek figyelemre méltók (Nagymáté és mtsai 2018). Ugyanakkor a minta elemszámának következtében ezeknek az eredményeknek az erőssége gyenge. Az irodalomból ismert, hogy a hanyag testtartás a neuromuszkuláris egyensúly hiányának a következménye (Ludwig 2017, Nourbakhsh és Arab 2002). A testtartás és az állásstabilitás egyaránt komplex és szabályozott folyamatok, amelyeket a biomechanikai és neurofiziológiai mechanizmusok egyaránt befolyásolnak (Sousa és mtsai 2012). Az izomegyensúly hiányát a szervezet visszacsatolási mechanizmusok és az érzékszervek útján ellensúlyozza (Assländer és Peterka 2014, Peterka 2002). Feltételezhető, hogy a központi idegrendszer a testszegmensek (előrehelyezett fejtartás, előreesett vállak, elálló lapockák, előesett has) megváltozott pozíciói mellett is a COP-t megpróbálja egy helyben tartani, így a COP mozgása a gyenge izmok és a megváltozott testtartás ellenére

csak kicsit változik meg (Park és mtsai 2016). A hanyag testtartás oka lehet, hogy a hanyag testtartásban az egyensúly fenntartása kevesebb energiabefektetést igényel. Ezt az elméletet az is támasztja alá, hogy *TK* értéke a fiúk esetében 6°-kal nagyobb a lányokéhoz képest (24. és 28. táblázatok), de a COP-pálya hossza nem mutat csökkenést, míg az *AP LA* javulást mutat (32. és 33. táblázatok).

A távolságalapú paraméterek értékeiben észlelt nem szignifikáns növekedés ($p \geq 0,158$) (24. táblázat) azt mutatja, hogy a központi idegrendszer a stabilitást a testtartás megváltoztatásával megfelelően képes korrigálni. Ez megerősíti azt a megállapítást, hogy a hanyag testtartás elsősorban az izmok nem megfelelő állapotának és gyengeségének a következménye, amelyet a gyermekek még odafigyeléssel képesek korrigálni. A központi idegrendszer kompenzációs szerepe a frekvenciaalapú *ML MHR* paraméterben mutatkozik, ami szignifikánsan kisebb a hanyag testtartású gyermekeknél, mint az egészséges testtartású gyermekeknél ($p = 0,002$) (32. és 33. táblázatok). Ez a változás viszonylag nagyobb *ML* irányú mozgást mutat a középső frekvenciatartományban (0,3–1 Hz) a magasabb frekvenciákhoz képest. Ezenkívül az *SPR* paraméter csökkenése, ami az *AP* és az *ML* aránya, azt mutatja, hogy a központi idegrendszer a viszonylag nagyobb *ML* irányú mozgást kompenzálja (32. és 33. táblázatok).

A lateralis dőlés szignifikáns változását (24. táblázat) egyértelműen mutatja, hogy az *LDD* érték vagyis a két oldal terhelésének különbsége szignifikánsan megnő ($p = 0,021$) (32. táblázat). A hanyag testtartás okozta megváltozott dőlés következtében a két oldal közötti szimmetrikus terhelés felborul, az egyik oldalon lévő terhelés jelentősen megnő. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy a rossz testtartás következtében kialakul az aszimmetrikus terhelés, ami az izom egyensúly-felborulását tovább rontja.

A kutatás hiányossága, hogy egy lábon állva nyitott és csukott szemmel, valamint két lábon állva csukott szemmel balesetmegelőzési okok miatt nem történtek vizsgálatok.

Kutatásunk az első olyan vizsgálatsorozat, amely a hanyag testtartású gyermekek állásstabilitását távolság-, idő- és frekvenciaalapú paraméterekkel egyaránt jellemezte. A hanyag testtartás következtében a testtartás kontrolljában bizonyos különbségek már megfigyelhetők, de szignifikáns eltérést csak az LDD és az ML-MHR paraméterek mutatnak. Az eredmények alapján az állásstabilitást jellemző távolság-idő paraméterek a hanyag testtartás következtében nem szignifikánsan romlanak. A megváltozott

testtartás hatását a központi idegrendszer folyamatosan korigálja, amelyet a frekvenciaalapú ML MHR paraméter szignifikáns változása jelez. A helytelen pozíció miatt a két oldal közötti aszimmetrikus terhelés, amelyet az LDD szignifikáns különbsége is mutat, az izomegyensúly tovább romlik. A hanyag testtartás korrekciója a fizioterápia fontos feladata, amely a testtartást és az egyensúlyt egyaránt javítja.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, A KUTATÁS HASZNOSÍTÁSA A SPORTTUDOMÁNY TERÜLETÉN

A kutatásom fő célja annak megállapítása, hogy a gyermekkori hanyag testtartás hogyan befolyásolja a gerinc görbületeit és az egyensúlyozó képességet. A kutatás része a Zebris noninvazív gerincvizsgáló módszer hitelesítése, helyes testtartású és gerincferdüléssel kezelt gyermekek esetén, valamint a gerincgörbületek normálértékeinek meghatározása. Az elvégzett vizsgálsorozat eredményei és azok értékelése alapján a következő új tudományos megállapítások tehetők a célkitűzések (2. fejezet) figyelembevételével:

1. A helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén a Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszerrel meghatározott, statikus testtartást jellemző gerincgörbületi szögek megismétlési pontossága kiváló. Ez alapján a módszer megbízható, az utánkövetésre megfelelő pontossággal használható. A *TTI* és *LI* megismétlési pontossága rosszabb, ennek oka vélhetően az, hogy gyermekek még nem képesek a súlypontjuk elmozdulását minimálisra csökkenteni, így a vizsgálatok végzésekor a helyes testtartás megtartására oda kell figyelni (Takács és mtsai 2013, Takács és mtsai 2018a).
2. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer validálása AIS-ben szenvedő gyermekeken statikus állásban, kétirányú gerinc röntgenfelvételeken Cobb módszerrel meghatározott sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületek összehasonlításával történt. Az eredmények alapján a Zebris gerincvizsgáló módszer mint noninvazív módszer alkalmas a terápia hatékonyságának megítélésére és a változások utánkövetésére. Ezt a röntgenfelvételekkel mint gold-standard módszerrel történő összehasonlítás során kapott (sagittalis és frontalis görbületek esetént) kis eltérés ($\leq 3,5^\circ$) alátámasztja. A sagittalis síkú lumbalis lordosis kevésbé pontos meghatározása alapján javasolható, hogy a Zebris gerincvizsgáló módszert nem abszolút fokok mérésére, hanem a tartásbeli változások értékeléséhez célszerű használni. A frontalis síkban lévő thoracolumbalis/lumbalis görbület nagysága szisztematikusan alábecsült,

elsősorban a scoliosisos csigolyák rotációs és csontos deformitása miatt (Takács és mtsai 2018b).

3. 530 helyes testtartású és 394 hanyag testtartású, valamint 113 helyes testtartású és 68 hanyag testtartású gyermekén elvégzett vizsgálat eredményei bizonyították, hogy a hanyag testtartás a sagittalis gerincgörcbületék értékeit (*TK* és *LL*) szignifikánsan befolyásolja. A normáltartományokat nemenkénti és testmagasság szerinti csoportbontásban célszerű megadni, mivel mind a négy szög értékét (*TK*, *LL*, *TTI* és *LI*) mind a gyermek neme, mind a testmagassága befolyásolja. (Takács és mtsai 2015a, Takács és mtsai 2015b).
4. Kutatásunk az első olyan vizsgálat sorozat, amely a hanyag testtartású gyermekek állásstabilitását távolság-, idő- és frekvenciaalapú paraméterekkel egyaránt jellemezte. A hanyag testtartás következtében a testtartás kontrolljában bizonyos különbségek már megfigyelhetők, de szignifikáns eltérést csak az *LDD* és az *ML-MHR* paraméterek mutatnak. Az eredmények alapján az állásstabilitást jellemző távolság-idő paraméterek a hanyag testtartás következtében nem szignifikánsan romlanak. A megváltozott testtartás hatását a központi idegrendszer folyamatosan korrigálja, amelyet a frekvenciaalapú *ML MHR* paraméter szignifikáns változása jelez. A helytelen pozíció miatt a két oldal közötti aszimmetrikus terhelés, amelyet a *LDD* szignifikáns különbsége is mutat, az izomegyensúly tovább romlik. A hanyag testtartás korrekciója a fizioterápia fontos feladata, amely a testtartást és az egyensúlyt egyaránt javítja (Nagymáté és mtsai 2018).

A KUTATÁS HASZNOSÍTÁSA A SPORTTUDOMÁNY TERÜLETÉN

A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer megbízhatóságának és a mérések megismétlési pontosságának vizsgálatai helyes testtartású és scoliosisban szenvedő gyermekek esetén egyértelműsítették, hogy a vizsgálati módszer megfelelő pontossággal használható gyermekkorban a testtartást jellemző gerincgörbületi értékek meghatározására.

Az ultrahangalapú eszköz használata nem jelent sugárterhelést, nincs daganatkeltő hatása, így a mérések a gyermekek, sportolók körében teszőleges időközönként megismételhetők. Ez lehetővé teszi, hogy a noninvazív vizsgálati módszerrel évente többször is állapotfelmérést végezzünk. Segítséget nyújthat a gyógytestnevelés és a gyógytorna indikációját jelentő állapotok felderítésében. A testnevelés, gyógytestnevelés és a gyógytorna hatása folyamatosan utánkövethető, továbbá segítséget ad az egyéni gyakorlatok kialakításában is.

A helyes testtartású gyermekek esetén is a vizsgált gyermek neme szignifikánsan befolyásolja a sagittalis gerincgörbületi értékeket (*TK*, *LL*). Helyes testtartású lányok esetén a *TK* szög értéke a magasság növekedésével csökkenő tendenciát mutat, de sem a *TK*, sem a *TTI* szög esetén nem szignifikáns a különbség a magasságcsoportokban. Az *LL* szögek értékei szignifikánsan függenek a testmagasságtól, 130 cm és az alatti, valamint attól különböző magasságú csoportot lehet elkülöníteni. Az *LI* szögek értékei szintén szignifikánsan függenek a testmagasságtól, itt 150 cm-nél alacsonyabb és 150 cm-nél magasabb magasságcsoportot lehet kialakítani. A helyes testtartású fiúknál a *TK* szög értéke a magasság növekedésével szignifikánsan nő. Az *LL*, *TTI* és *LI* szögek esetén nincs szignifikáns különbség a magasságcsoportokban. Ez rávilágít arra, hogy a helyes testtartású, egészséges gyermekek esetén is differenciálni kell a testnevelési szempontokat a nem és a testmagasság függvényében. A testnevelési, gyógytestnevelési és gyógytornacsoportok kialakítását nem az életkor szerint, hanem a testmagasság alapján kell kialakítani, és lehetőleg nem szerinti bontásban. A hanyag testtartású gyermekek esetén is a vizsgált gyermek neme szignifikánsan befolyásolja a gerinc alakját leíró sagittalis gerincgörbületeket (*TK* és *LL*) és a testtartást jellemző

szögértékeket (*TTI* és *LI*) egyaránt. Mindkét nemből látunk növekvő tendenciát a magasság növekedésével a testtartást jellemző szögértékek (*TTI*, *LI*) esetén, azonban ezek nem szignifikánsak. Csak a hanyag testtartású lányok esetén figyelhető meg szignifikáns különbség a 135 cm-nél alacsonyabb és a 160 cm-nél magasabb magasságcsoportok között. A nem és a testmagasság ez esetben is csoportosítási szempontként szerepel az életkorral szemben. A hanyag testtartás esetén a gyógytestnevelés és a gyógytorna hatásának elemzése során mind a fiúknál, mind a lányoknál a testtartást jellemző szögértékek (*TTI* és *LI*) a legérzékenyebbek, amelyek jelzik a testtartásbeli változásokat. A konzervatív kezelés hatásának ellenőrzéséhez a vizsgálataink eredményeként nemenként és testmagasságonként megadott 95% CI mint normáltartomány használható és a változás elemezhető.

A hanyag testtartás az állásstabilitást is megváltoztatja. Egyes paraméterek szignifikáns változást mutatnak. A hanyag testtartású gyermekek esetén az egyensúlyozó képesség fejlesztése is fontos és elengedhetetlen.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a rendszeres noninvazív gerinc alakját meghatározó és egyensúlyozó képességet leíró vizsgálatok eredményei jól használhatók az egyénre szabott gyógytorna, gyógytestnevelés kialakításánál, utánkövetésénél. Ez különösen fontos a sportolók esetén.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A gyermekkori gerincdeformitás egy összefoglaló kórkép, amely magában foglalja a gerinc sagittalis és frontalis síkú, valamint funkcionális és strukturális elváltozásait egyaránt. A leggyakrabban előforduló klinikai állapot a hanyag testtartás, amely nemcsak a gerinc alakját, hanem az állás közbeni egyensúlyozó képességet is befolyásolhatja. A kutatásunk célja választ kapni arra, hogy a gyermekkori hanyag testtartás hogyan befolyásolja a gerinc görbületeit és az egyensúlyozó képességet. A kutatás része volt a Zebris noninvazív gerincvizsgáló módszer hitelesítése, validálása helyes testtartású és gerincferdüléssel kezelt gyermekek esetén, valamint a gerinc sagittalis síkú görbületeinek elemzése az életkor és a testmagasság hatásának figyelembevételével. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer használatával helyes testtartású gyermekek és scoliosisban szenvedő lányok esetén a statikus testtartást jellemző gerincgörbületi szögek megismétlési pontossága kiváló. A Zebris ultrahangalapú gerincvizsgáló módszer AIS-ben szenvedő gyermekeken statikus állásban kétirányú röntgenfelvételeken Cobb módszerrel meghatározott sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületek összehasonlítása alapján megfelelő pontosságú. A Zebris gerincvizsgáló módszer mint noninvazív módszer megfelelő pontossággal alkalmas a terápia hatékonyságának ellenőrzésére. A validált Zebris gerincvizsgáló módszerrel 530 helyes testtartású és 394 hanyag testtartású gyermeken elvégzett vizsgálatok statisztikai elemzése azt mutatja, hogy a hanyag testtartás a sagittalis gerincgörbületek értékeit szignifikánsan befolyásolja. Az eredmények alapján mind a sagittalis gerincgörbületek értékeit, mind a testtartást jellemző szögértékeket a gyermekek neme és a testmagasság szignifikánsan befolyásolja, míg az életkor hatása nem mutatható ki. A hanyag testtartás következtében az állásstabilitást jellemző, távolságalapú paraméterek nem szignifikánsan romlanak, mivel a megváltozott testtartás hatását a központi idegrendszer folyamatosan korrigálja, amelyet medio-lateralis frekvencia-teljesítmény arányok szignifikáns változása jelez. A két oldal közötti terhelés szignifikánsan aszimmetrikus, aminek következtében az izomegyensúly tovább romlik. A rendszeres noninvazív gerinc alakját meghatározó és az egyensúlyozó képességet leíró vizsgálatok eredményei jól használhatók az egyénre szabott gyógytorna, gyógytestnevelés kialakításánál, utánkövetésénél, akár sportolók esetében is.

8. SUMMARY

Pediatric spinal deformity is a complex disorder involving both sagittal and frontal, functional and structural changes of the spine. The most common clinical condition is bad posture that can affect not only the shape of the spine but also the standing balancing ability. The aim of the study is to investigate how pediatric bad posture affects the spine's curvatures and the balancing ability. The research also included the validation of Zebris noninvasive spinal examination method in the case of children with good posture and with spinal deformities, and the analysis of the effects of the age and height on the sagittal spinal curvatures. It was found that when Zebris ultrasound-based spinal examination method was used the repetitive accuracy of the spinal angles describing the static posture was excellent in the case of children with good posture and in the case of girls with scoliosis. Zebris ultrasound-based spinal examination method is accurate in the case of children with AIS in static posture when the sagittal and frontal spinal curvatures are compared to the curvatures determined on two-dimensional X-rays using Cobb method. The Zebris spinal examination method, as a non-invasive method, is suitable with the sufficient accuracy for controlling the efficiency of the therapy. Statistical analysis of the examinations performed with the validated Zebris spinal examination method on 530 good postured and 394 bad postured children shows that bad posture significantly influences the sagittal spinal curvatures. The results show, that both the sagittal spinal curvatures and the angle values of the posture are significantly influenced by the children's gender and height, while the impact of age was not detected. The distance type parameters of the standing stability are not deteriorating significantly due to bad posture, because the central nervous system continuously corrects the effect of the altered posture which is indicated by the significant changes of the mediolateral frequency power ratios. The load between the two sides is significantly asymmetric, which causes further deterioration of the muscle balance. The results of the systematic, non invasive examinations describing the shape of the spine and the balancing ability are useful for the customized physiotherapy and the follow-up, even when the patients are athletes.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- Aggarwal N, Anand T, Kishore J, Ingle G. (2013) Low back pain and associated risk factors among undergraduate students of a medical college in Delhi. *Educ Health*, 26(2): 103.
- Aota Y, Saito T, Uesugi M, Ishida K, Shinoda K, Mizuma K. (2009) Does the fists-on-clavicles position represent a functional standing position? *Spine*, 34(8): 808–812.
- Aota Y, Saito T, Uesugi M, Kato S, Kuniya H, Koh R. (2011) Optimal arm position for evaluation of spinal sagittal balance. *J Spinal Disord Tech*, 24(2): 105–109.
- Aroeira RMC, Leal J S, de Melo Pertence AE. (2011) New method of scoliosis assessment: preliminary results using computerized photogrammetry. *Spine*, 36(19): 1584–1591.
- Assländer L, Peterka R J. (2014) Sensory reweighting dynamics in human postural control. *J Neurophysiol*, 111(9): 1852–1864.
- Barozzi S, Soggi M, Soi D, Di Bernardino F, Fabio G, Forti S, Gasbarre AM, Brambilla D, Cesarani A. (2014) Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 271(7): 2069–2077.
- Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H. (2005) Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *J Spinal Disord Tech*, 18(1): 40–47.
- Berton F, Cheriet F, Miron MC, Laporte C. (2016) Segmentation of the spinous process and its acoustic shadow in vertebral ultrasound images. *Comput Biol Med*, 72: 201–211.
- Blanchard Y, Carey S, Coffey J, Cohen A, Harris T, Michlik S, Pellicchia GL. (2005) The influence of concurrent cognitive tasks on postural sway in children. *Pediatric*

Physical Therapy : The Official Publication of the Section on Pediatrics of the
Pediatr Phys Ther, 17(3): 189–193.

Bland J M, Altman DG. (1986). Statistical methods for assessing agreement between
two methods of clinical measurement. *Lancet* (London, England), 1(8476): 307–
310.

Boseker EH, Moe JH, Winter RB, Koop SE. (2000). Determination of “normal”
thoracic kyphosis: a roentgenographic study of 121 “normal” children. *J Pediatr
Orthop*, 20(6): 796–798.

Bottaro A, Casadio M, Morasso PG, Sanguineti V. (2005). Body sway during quiet
standing: is it the residual chattering of an intermittent stabilization process? *Hum
Mov Sci*, 24(4): 588–615.

Bryant JT, Reid JG, Smith BL, Stevenson JM. (1989). Method for determining vertebral
body positions in the sagittal plane using skin markers. *Spine*, 14(3): 258–265.

Charles YP, Daures JP, De Rosa V, Diméglio A. (2006). Progression risk of idiopathic
juvenile scoliosis during pubertal growth. *Spine*, 31(17): 1933–1942.

Chiari L, Rocchi L, Cappello A. (2002). Stabilometric parameters are affected by
anthropometry and foot placement. *Clin Biomech* (Bristol, Avon), 17(9–10): 666–
677.

Chiba R, Takakusaki K, Ota J, Yozu A, Haga N. (2016). Human upright posture control
models based on multisensory inputs; in fast and slow dynamics. *Neurosci Res*,
104: 96–104.

Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, Acaroglu RE, Surat
A. (2005). The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during
childhood. *Spine*, 30(1): 93–100.

Cohen J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd Edition).

- Collins JJ, De Luca CJ. (1995) The effects of visual input on open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Exp Brain Res*, 103(1): 151–163.
- Consmüller T, Rohlmann A, Weinland D, Druschel C, Duda G. N, Taylor WR. (2012). Comparative evaluation of a novel measurement tool to assess lumbar spine posture and range of motion. *Eur Spine J*, 21(11): 2170–2180.
- Cumming SP, Sherar LB, Esliger DW, Riddoch CJ, Malina RM. (2014). Concurrent and prospective associations among biological maturation, and physical activity at 11 and 13 years of age. *Scand J Med Sci Sports*, 24(1): 20–28.
- Delorme S, Petit Y, de Guise JA, Labelle H, Aubin CE, Dansereau J. (2003). Assessment of the 3-d reconstruction and high-resolution geometrical modeling of the human skeletal trunk from 2-D radiographic images. *IEEE Trans Biomed Eng*, 50(8): 989–998.
- Dolphens M, Cagnie B, Coorevits P, Vanderstraeten G, Cardon G, D’hooge R, Danneels L. (2012). Sagittal standing posture and its association with spinal pain: a school-based epidemiological study of 1196 Flemish adolescents before age at peak height velocity. *Spine*, 37(19): 1657–1666.
- Dolphens M, Cagnie B, Vleeming A, Vanderstraeten G, Danneels L. (2013). Gender differences in sagittal standing alignment before pubertal peak growth: The importance of subclassification and implications for spinopelvic loading. *J Anat*, 223(6): 629–640.
- Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE. (2000). Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine*, 25(16): 2052–2063.
- Drerup B. (2014). Rasterstereographic measurement of scoliotic deformity. *Scoliosis*, 9(1): 1–14.
- Drerup B, Hierholzer E. (1996). Assessment of scoliotic deformity from back shape

- asymmetry using an improved mathematical model. *Clin Biomech* (Bristol, Avon), 11(7): 376–383.
- Duffell LD, Gulati V, Southgate DFL, McGregor AH. (2013). Measuring body weight distribution during sit-to-stand in patients with early knee osteoarthritis. *Gait Posture*, 38(4): 745–750.
- Dvir Z, Prushansky T. (2000). Reproducibility and instrument validity of a new ultrasonography-based system for measuring cervical spine kinematics. *Clin Biomech* (Bristol, Avon), 15(9): 658–664.
- El Fegoun AB, Schwab F, Gamez L, Champain N, Skalli W, Farcy JP. (2005). Center of gravity and radiographic posture analysis: a preliminary review of adult volunteers and adult patients affected by scoliosis. *Spine*, 30(13): 1535–1540.
- Faro FD, Marks MC, Pawelek J, Newton PO. (2004). Evaluation of a functional position for lateral radiograph acquisition in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 29(20): 2284–2289.
- Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*, 41(4): 1149–1160.
- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*, 39(2): 175–191.
- Feise RJ, Menke J. (2001). Functional rating index: A new valid and reliable instrument to measure the magnitude of clinical change in spinal conditions. *Spine*, 26(1): 78–87.
- Fölsch C, Schlögel S, Lakemeier S, Wolf U, Timmesfeld N, Skwara A. (2012). Test-Retest Reliability of 3D Ultrasound Measurements of the Thoracic Spine. *PM R*, 4(5): 335–341.

- Geldhof E, Cardon G, De Bourdeaudhuij I, Danneels L, Coorevits P, Vanderstraeten G, De Clercq D. (2007/a). Effects of back posture education on elementary schoolchildren's back function. *Eur Spine J*, 16(6): 829–839.
- Geldhof E, Cardon G, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. (2007/b). Back posture education in elementary schoolchildren: A 2-year follow-up study. *Eur Spine J*, 16(6): 841–850.
- Ghandhari H, Hesarikia H, Ameri E, Noori A. (2013). Assessment of normal sagittal alignment of the spine and pelvis in children and adolescents. *Biomed Res Int*, 2013: 1–8.
- Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. (2005). The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine*, 30(18): 2024–2029.
- Goldberg MS, Mayo NE, Levy AR, Scott SC, Poitras B. (1998). Adverse reproductive outcomes among women exposed to low levels of ionizing radiation from diagnostic radiography for adolescent idiopathic scoliosis. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 9(3): 271–278.
- Greiner KA. (2002). Adolescent idiopathic scoliosis: radiologic decision-making. *Am Fam Physician*, 65(9): 1817–1822.
- Hackenberg L, Hierholzer E. (2002). 3-D back surface analysis of severe idiopathic scoliosis by rasterstereography: comparison of rasterstereographic and digitized radiometric data. *Stud Health Technol Inform*, 88: 86–89.
- Harlick JC, Milosavljevic S, Milburn PD. (2007). Palpation identification of spinous processes in the lumbar spine. *Man Ther*, 12(1): 56–62.
- Hasan SS, Robin DW, Szurkus DC, Ashmead DH, Peterson SW, Shiavi RG. (1996). Simultaneous measurement of body center of pressure and center of gravity during upright stance. Part I: Methods. *Gait Posture*, 4:(1), 1–10.

- Hashemirad F, Hatef B, Jaberzadeh S, Ale Agha N. (2013). Validity and reliability of skin markers for measurement of intersegmental mobility at L2-3 and L3-4 during lateral bending in healthy individuals: a fluoroscopy study. *J Bodyw Mov Ther*, 17(1): 46–52.
- Hattori T, Sakaura H, Iwasaki M, Nagamoto Y, Yoshikawa H, Sugamoto K. (2011). In vivo three-dimensional segmental analysis of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*, 20(10): 1745–1750.
- Hernandez ME, Ashton-Miller JA, Alexander NB. (2012). Age-related changes in speed and accuracy during rapid targeted center of pressure movements near the posterior limit of the base of support. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 27(9): 910–916.
- Herzenberg JE, Waanders NA, Closkey RF, Schultz AB, Hensinger RN. (1990). Cobb angle versus spinous process angle in adolescent idiopathic scoliosis. The relationship of the anterior and posterior deformities. *Spine*, 15(9): 874–879.
- Hong JY, Suh SW, Easwar TR, Hong SJ, Yoon YC, Kang HJ. (2013). Clinical anatomy of vertebrae in scoliosis: global analysis in four different diseases by multiplanar reconstructive computed tomography. *Spine J*, 13(11):1510–1520.
- Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, Lindenberger U. (2006). Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Research Bulletin*, 69(3): 294–305.
- Illés T, Somoskeöy S. (2013). Comparison of scoliosis measurements based on three-dimensional vertebra vectors and conventional two-dimensional measurements: Advantages in evaluation of prognosis and surgical results. *Eur Spine J*, 22(6): 1255–1263.
- Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, Hales C. (1998). Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine*, 23(16): 1750–1767.

- Jáger B, Jáger D, Kristóf T, Takács M, Tamás P, Kiss RM. (2018). Validation of a Generally Applicable Method for the Characterization of Scoliotic Deformities and Sagittal Spinal Curvatures. *Period. Polytech. Civ. Eng*, 10531(62 (4): 1021–1029.
- Jáger B, Kristóf T, Takács M, Tamás P, Kiss RM. (2015). Gerincalak matematikai leírása in-vivo elektromágnes- és ultrahang-alapú mérési eredmények felhasználásával. *Biomech Hung*, 8(2): 49–58.
- Janssen MMA, Vincken KL, Van Raak SM, Vrtovec T, Kemp B, Viergever MA, ... Castelein RM. (2013). Sagittal spinal profile and spinopelvic balance in parents of scoliotic children. *Spine J*, 13(12):1789–1800.
- Kamaci S, Yucekul A, Demirkiran G, Berktas M, Yazici M. (2015). The evolution of sagittal spinal alignment in sitting position during childhood. *Spine*, 40(13): E787–E793.
- Kellis E, Adamou G, Tziliou G, Emmanouilidou M. (2008). Reliability of Spinal Range of Motion in Healthy Boys Using a Skin-Surface Device. *J Manipulative Physiol Ther*, 31(8):570–576.
- King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. (1983). The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*, 65(9): 1302–1313.
- Kiss RM. (2008). Verification of determining the curvatures and range of motion of the spine by electromechanical-based skin-surface device. *Period. Polytech. Civ. Eng*, 52(1): 3–13.
- Kiss RM, Kocsis L, Knoll Zs. (2004). Joint kinematics and spatial-temporal parameters of gait measured by an ultrasound-based system. *Med Eng Phys*, 26(7): 611–620.
- Knott P, Pappo E, Cameron M, DeMauroy JC, Rivard C, Kotwicki T, Zaina F, Wynne J, Stikeleather L, Bettany-Saltikov J, Grivas TB, Durmala J, Maruyama T, Negrini S, O'Brien JP, Rigo M. (2014). SOSORT 2012 consensus paper: Reducing x-ray exposure in pediatric patients with scoliosis. *Scoliosis*, 9(1): 1–9.

- Kocsis L, Kiss RM, Illyés Á. (2007). *Mozgásszervek Biomechanikája*. 4. fejezet
Mozgáselemzés típusai, Stabilitás vizsgálat, Gerinc vizsgálat (pp.:169-223) (TERC
Kiadó). Budapest.
- Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. (2013). Epidemiology of adolescent idiopathic
scoliosis. *J Child Orthop*, 7(1): 3–9.
- Koo TK, Li MY. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation
Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med* , 15(2):155–163.
- Kouzaki M, Masani K. (2012). Postural sway during quiet standing is related to
physiological tremor and muscle volume in young and elderly adults. *Gait Posture*,
35(1): 11–17.
- Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. (2008). Posture control, aging, and
attention resources: Models and posture-analysis methods. *Neurophysiol Clin*,
38(6): 411–421.
- Lee CS, Chung SS, Kang KC, Park SJ, Shin SK. (2011). Normal patterns of sagittal
alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean
population. *Spine*, 36(25): 1648–1654.
- Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K.
(2001). Adolescent idiopathic scoliosis. A new classification to determine extent of
spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*, 83(8): 1169–1181.
- Levy AR, Goldberg MS, Mayo NE, Hanley JA, Poitras B. (1996). Reducing the lifetime
risk of cancer from spinal radiographs among people with adolescent idiopathic
scoliosis. *Spine*, 21(13): 1540–7.
- Liljenqvist UR, Allkemper T, Hackenberg L, Link TM, Steinbeck J, Halm, HFH. (2002).
Analysis of vertebral morphology in idiopathic scoliosis with use of magnetic
resonance imaging and multiplanar reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*, 84–
A(3): 359–368.

- Livanelioglu A, Kaya F, NabiyeV V, Demirkiran G, Firat T. (2016). The validity and reliability of “Spinal Mouse” assessment of spinal curvatures in the frontal plane in pediatric adolescent idiopathic thoraco-lumbar curves. *Eur Spine J*, 25(2): 476–482.
- Ludwig O. (2017). Interrelationship between postural balance and body posture in children and adolescents. *J Phys Ther Sci*, 29(7): 1154–1158.
- Ludwig O, Mazet C, Mazet D, Hammes A, Schmitt, E. (2016). Changes in habitual and active sagittal posture in children and adolescents with and without visual input – Implications for diagnostic analysis of posture. *J Clin Diagn Res*, 10(2): SC14-SC17.
- Mac-Thiong JM, Berthonnaud É, Dimar JR, Betz RR, Labelle H. (2004). Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*, 29(15): 1642–1647.
- Mac-Thiong JM, Labelle H, Berthonnaud E, Betz RR, Roussouly P. (2007a). Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *Eur Spine J*, 16(2): 227–234.
- Mac-Thiong JM, Labelle H, Charlebois M, Huot MP, De Guise JA. (2003). Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adolescent idiopathic scoliosis according to the coronal curve type. *Spine*, 28(13): 1404–1409.
- Mac-Thiong JM, Pinel-Giroux FM, De Guise JA, Labelle H. (2007b). Comparison between constrained and non-constrained Cobb techniques for the assessment of thoracic kyphosis and lumbar lordosis. *Eur Spine J*, 16(9): 1325–1331.
- Malmström EM, Karlberg M, Melander A, Magnusson M. (2003). Zebris Versus Myrin: A Comparative Study Between a Three-Dimensional Ultrasound Movement Analysis and an Inclinometer/Compass Method. *Spine*, 28(21): E433–E440.
- Mannion AF, Knecht K, Balaban G, Dvorak J, Grob D. (2004). A new skin-surface

device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: Reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *Eur Spine J*, 13(2):122–136.

Morasso PG, Schieppati M. (1999). Can Muscle Stiffness Alone Stabilize Upright Standing ? *J Neurophysiol*, 82(1994): 1622–1626.

Mörl F, Blickhan R. (2006). Three-dimensional relation of skin markers to lumbar vertebrae of healthy subjects in different postures measured by open MRI. *Eur Spine J*, 15(6): 742–751.

Morrissy RT, Goldsmith GS, Hall EC, Kehl D, Cowie GH. (1990). Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error. *J Bone Joint Surg Am*, 72(3): 320–327.

Moutzouri M, Billis E, Strimpakos N, Kottika P, Oldham JA. (2008). The effects of the Mulligan Sustained Natural Apophyseal Glide (SNAG) mobilisation in the lumbar flexion range of asymptomatic subjects as measured by the Zebris CMS20 3-D motion analysis system. *BMC Musculoskelet Disord*, 9, 131.

Nagy E, Toth K, Janositz G, Kovacs G, Feher-Kiss A, Angyan L, Horvath G. (2004). Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. *Eur J Appl Physiol*, 92(4–5): 407–413.

Nagymáté G, Kiss RM. (2016a). Parameter Reduction in the Frequency Analysis of Center of Pressure in Stabilometry. *Period. Polytech. Mech. Eng* , 60(4): 238–246.

Nagymáté G, Kiss RM. (2016b). Replacing redundant stabilometry parameters with ratio and maximum deviation parameters. *Biomedical Engineering*, 832-022.

Nagymáté G, Orlovits Zs, Kiss RM. (2018). Reliability analysis of a sensitive and independent stabilometry parameter set. *PloS One*, 13(4): e0195995.

Nagymáté G, Pethes Á, Szabó G, Bejek Z, Kiss RM. (2015). Comparison of Postural

Stability between Patients with Unilateral and Bilateral Knee Osteoarthritis. In 11th Annual International Conference on Kinesiology and Exercise Sciences Eklem Hastalık Cerrahisi, pp.(24–25).

Nagymáté G, Takács M, Kiss RM. (2018). Does bad posture affect the standing balance. *Cogent Medicine* 5, 5: 1–12.

Negrini S, Aulisa AG, Aulisa L, Circo AB, de Mauroy JC, Durmala J, Grivas TB, Knott P, Kotwicky T, Maruyama T, Minozzi S, O'Brien JP, Papadopoulos D, Rigo M, Rivard CH, Romano M, Wynne JH, Villagrasa M, Weiss HR, Zaina F. (2012). 2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and Rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*, 7(1): 3.

Negrini S, Hresko TM, O'Brien JP, Price N. (2015). Recommendations for research studies on treatment of idiopathic scoliosis: Consensus 2014 between SOSORT and SRS non-operative management committee. *Scoliosis*, 10(1): 1–12.

Nolan L, Grigorenko A, Thorstensson A. (2005). Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds. *Dev Med Child Neurol* , 47(7): 449–454.

Nourbakhsh MR, Arab AM. (2002). Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 32(9): 447–460.

Ogden CL, Flegal KM. (2010). Changes in terminology for childhood overweight and obesity. *Natl Health Stat Report*, (25): 1–5.

Ogden CL, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Mei Z, Guo S, Wei R Grummer-Strawn LM, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. (2002). Centers for Disease Control and Prevention 2000 growth charts for the United States: improvements to the 1977 National Center for Health Statistics version. *Pediatrics*, 109(1): 45–60.

Olivier I, Cuisinier R, Vaugoyeau M, Nougier V, Assaiante C. (2010). Age-related differences in cognitive and postural dual-task performance. *Gait Posture*, 32(4): 494–499.

- Oskoei MA, Hu H. (2008). Support vector machine-based classification scheme for myoelectric control applied to upper limb. *IEEE Trans Biomed Eng*, 55(8): 1956–1965.
- Palluel E, Nougier V, Olivier I. (2010). Postural control and attentional demand during adolescence. *Brain Res*, 1358: 151–159.
- Panzer V P, Bandinelli S, Hallett M. (1995). Biomechanical assessment of quiet standing and changes associated with aging. *Arch Phys Med Rehabil*, 76(2):151–157.
- Parent S, Labelle H, Skalli W, Latimer B, de Guise J. (2002). Morphometric analysis of anatomic scoliotic specimens. *Spine*, 27(21): 2305–2311.
- Park E, Reimann H, Schöner G. (2016). Coordination of muscle torques stabilizes upright standing posture: an UCM analysis. *Exp Brain Res*, 234(6): 1757–1767.
- Pauk J, Daunoraviciene K, Ihnatouski M, Griskevicius J, Raso JV. (2010). Analysis of the plantar pressure distribution in children with foot deformities. *Acta Bioeng Biomech*, 12(1): 29–34.
- Pearcy M. (1986). Measurement of back and spinal mobility. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 1(1): 44–51.
- Peterka RJ. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*, 88(3): 1097–1118.
- Post RB, Lefterink VJM. (2004). Spinal mobility: Sagittal range of motion measured with the SpinalMouse, a new non-invasive device. *Arch Orthop Trauma Surg*, 124(3): 187–192.
- Poussa MS, Heliövaara MM, Seitsamo JT, Könönen MH, Hurmerinta KA, Nissinen MJ. (2005). Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *Eur Spine J*, 14(8):738–742.

- Raczkowski JW, Daniszewska B, Zolynski K. (2010). Functional scoliosis caused by leg length discrepancy. *Arch Med Sci*, 6(3): 393–398.
- Reamy BV, Slakey JB. (2001). Adolescent idiopathic scoliosis: review and current concepts. *Am Fam Physician*, 64(1): 111–116.
- Rigo M. (2011). Patient evaluation in idiopathic scoliosis: Radiographic assessment, trunk deformity and back asymmetry. *Physiother Theory Pract*, 27(1): 7–25.
- Ripani M, Di Cesare A, Giombini A, Agnello L, Fagnani F, Pigozzi F. (2008). Spinal curvature: comparison of frontal measurements with the Spinal Mouse and radiographic assessment. *Physiother Theory Pract*, 48(4): 488–494.
- Ruhe A, Fejer R, Walker B. (2010). The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions--a systematic review of the literature. *Gait Posture*, 32(4): 436–445.
- Sakaguchi M, Taguchi K, Miyashita Y, Katsuno S. (1994). Changes with aging in head and center of foot pressure sway in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 29(2): 101–109.
- Salisbury PJ, Porter RW. (1987). Measurement of lumbar sagittal mobility. A comparison of methods. *Spine*, 12(2): 190–193.
- Schlösser TP.C, Shah SA., Reichard SJ, Rogers K, Vincken KL, Castelein RM. (2014). Differences in early sagittal plane alignment between thoracic and lumbar adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J*, 14(2):282–290.
- Schmid S, Studer D, Hasler CC, Romkes J, Taylor WR, Brunner R, Lorenzetti S. (2015). Using skin markers for spinal curvature quantification in main thoracic adolescent idiopathic scoliosis: An explorative radiographic study. *PLoS ONE*, 10(8): 1–12.
- Schmidt CP, Zwingenberger S, Walther A, Reuter U, Kasten P, Seifert J, Günther KP,

- Stiehler M. (2014). Prevalence of low back pain in adolescent athletes - an epidemiological investigation. *Int J Sports Med*, 35(8): 684–689.
- Schreiber S, Parent EC, Moez EK, Hedden DM, Hill D, Moreau MJ., Lou E, Watkins EM, Southon SC. (2015). The effect of Schroth exercises added to the standard of care on the quality of life and muscle endurance in adolescents with idiopathic scoliosis-an assessor and statistician blinded randomized controlled trial: “SOSORT 2015 Award Winner.” *Scoliosis*, 10(1): 1–12.
- Scoppa F, Capra R, Gallamini M, Shiffer R. (2013). Clinical stabilometry standardization: basic definitions--acquisition interval--sampling frequency. *Gait Posture*, 37(2): 290–292.
- Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, Baldwin M. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52(4): M232-40.
- Snider KT, Snider EJ, Degenhardt BF, Johnson JC, Kribs JW. (2011). Palpatory accuracy of lumbar spinous processes using multiple bony landmarks. *J Manipulative Physiol Ther*, 34(5): 306–313.
- Somoskeőy S, Tunyogi-Csapó M, Bogyó C, Illés T. (2012). 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*, 12(11): 1052–1059.
- Sousa ASP, Silva A, Tavares JMRS. (2012). Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review. *Somatosens Mot Res*, 29(4): 131–143.
- Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J, Pasquet A. (1982). Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine*, 7(4): 335–342.

- Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW. (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol*, 48(6) 477–482
- Stokes IA, Bevins TM, Lunn RA. (1987). Back surface curvature and measurement of lumbar spinal motion. *Spine*, 12(4): 355–361.
- Studer D. (2013). Clinical investigation and imaging. *J Child Orthop*, 7(1): 29–35.
- Szendrői M. (2009). Ortopédia. In M. Szendrői , Ortopédia 24. fejezet: A gerinc betegségei (pp. 223–244). Budapest: Semmelweis kiadó.
- Takács M, Kocsis L, Nagymáté G, Kiss RM. (2018a). The reliability of Zebris ultrasound-based spine examination in patients with scoliosis. *Biomech Hung*, 11(1): 69–75.
- Takács M, Orlovits Z, Jáger B, Kiss RM. (2018b). Comparison of spinal curvature parameters as determined by the ZEBRIS spine examination method and the Cobb method in children with scoliosis. *PloS One*, 13(7): e0200245.
- Takács M, Rudner E, Kovács A, Kiss RM. (2013). Ultrahang-alapú gerincvizsgáló eszköz megbízhatóságának vizsgálata gyermekek körében. *Magy Reum*, (54): 90–97.
- Takács M, Rudner E, Kovács A, Orlovits Z, Kiss RM. (2015a). Gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületének felmérése ultrahangalapú mozgásvizsgáló eszközzel. *Biomech Hung*, 8: 31–48.
- Takács M, Rudner E, Kovács A, Orlovits Z, Kiss RM. (2015b). The assessment of the spinal curvatures in the sagittal plane of children using an ultrasound-based motion analysing system. *Ann Biomed Eng*, 43(2): 348–362.
- Theologis TN, Fairbank JC, Turner-Smith AR, Pantazopoulos T (1997). Early detection of progression in adolescent idiopathic scoliosis by measurement of changes in back shape with the Integrated Shape Imaging System scanner. *Spine*, 22(11):

1223–7; discussion 1228.

van Rhijn L W, Jansen EJ, Plasmans CM, Veraart BE. (2001). Curve characteristics in monozygotic twins with adolescent idiopathic scoliosis: 3 new twin pairs and a review of the literature. *Acta Orthop Scand*, 72(6): 621–625.

Verbecque E, Vereeck L, Hallemans A. (2016). Postural sway in children: A literature review. *Gait Posture*, 49: 402–410.

Vidal C, Ilharreborde B, Azoulay R, Sebag G, Mazda K. (2013). Reliability of cervical lordosis and global sagittal spinal balance measurements in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*, 22(6): 1362–1367.

Viola S, Szóke G, Kocsis L, Körmendi Z, Zsidai A. (2007). Kinesiological examination in AIS. *Orvosi Hetilap*, 6, 259–263.

Vrtovec T, Pernuš F, Likar B. (2009). A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. *Eur Spine J*, 18(5), 593–607.

Wang Q, Li M, Lou EHM, Wong MS. (2015). Reliability and Validity Study of Clinical Ultrasound Imaging on Lateral Curvature of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Plos One*, 10(8): e0135264.

Zaina F, Pizzetti P, Donzelli S, Negrini F, Negrini S. (2012). Why X-rays are not reliable to assess sagittal profile: a cross sectional study. *Stud Health Technol Inform*, 176: 268–272.

Zemp R, List R, Gülay T, Elsig JP, Naxera J, Taylor WR, Lorenzetti S. (2014). Soft tissue artefacts of the human back: Comparison of the sagittal curvature of the spine measured using skin markers and an open upright MRI. *PLoS ONE*, 9(4): 18.

Zheng R, Young M, Hill D, Le LH, Hedden D, Moreau M, Mahood J, Southon S, Lou E. (2016). Improvement on the Accuracy and Reliability of Ultrasound Coronal Curvature Measurement on Adolescent Idiopathic Scoliosis With the Aid of

Previous Radiographs. *Spine*, 41(5): 404–411.

Zheng YP, Lee TTY, Lai KKL, Yip BHK, Zhou GQ, Jiang WW, Cheung JC, Wong MS, Ng BK, Cheng JC, Lam TP. (2016). A reliability and validity study for Scolioscan: a radiation-free scoliosis assessment system using 3D ultrasound imaging. *Scoliosis Spinal Disord* , 11(1): 13.

Zsidai A, Kocsis L. (2006). Ultrasound based measuring diagnostic and muscle activity measuring system for spinal analysis. *Technol Health Care*, 14(4–5): 243–250.

10. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

10.1 Az értekezés témájában megjelent eredeti közlemények

- Takács M**, Kocsis L, Nagymáté G, Kiss RM. (2018a). The reliability of Zebris ultrasound-based spine examination in patients with scoliosis. *Biomech Hung*, 11(1): 69–75.
- Takács M**, Orlovits Z, Jáger B, Kiss RM. (2018b). Comparison of spinal curvature parameters as determined by the ZEBRIS spine examination method and the Cobb method in children with scoliosis. *PloS One*, 13(7): e0200245.
- Takács M**, Rudner E, Kovács A, Kiss RM. (2013). Ultrahang-alapú gerincvizsgáló eszköz megbízhatóságának vizsgálata gyermekek körében. *Magy Reum*, (54): 90–97.
- Takács M**, Rudner E, Kovács A, Orlovits Z, Kiss RM. (2015a). Gyermekek sagittalis síkú gerincgörbületének felmérése ultrahangalapú mozgásvizsgáló eszközzel. *Biomech Hung*, 8: 31–48.
- Takács M**, Rudner E, Kovács A, Orlovits Z, Kiss RM. (2015b). The assessment of the spinal curvatures in the sagittal plane of children using an ultrasound-based motion analysing system. *Ann Biomed Eng*, 43(2): 348–362.
- Jáger B, Jáger D, Kristóf T, **Takács M**, Tamás P, Kiss RM. (2018). Validation of a Generally Applicable Method for the Characterization of Scoliotic Deformities and Sagittal Spinal Curvatures. *Period. Polytech. Civ. Eng*, 10531(62 (4): 1021–1029.
- Jáger B, Kristóf T, **Takács M**, Tamás P, Kiss RM. (2015). Gerincalak matematikai leírása in-vivo elektromágnes- és ultrahang-alapú mérési eredmények felhasználásával. *Biomech Hung*, 8(2): 49–58.

Nagymáté G, **Takács M**, Kiss RM. (2018). Does bad posture affect the standing balance. *Cogent Medicine* 5, 5: 1–12.

Takács M, Rudner E, Kiss RM. Gyermekek gerincvizsgálata ultrahangalapú mozgásvizsgáló rendszerrel Kiss R M (szerk.) BIOMECHANIKAI MODELLEZÉS: Monográfia. 242 p. Budapest: TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., 226-242. ISBN:978 963 9968 40 0

10.2 Egyéb – nem az értekezés témájában megjelent – eredeti közlemények

Kovács A, Siminischi A, Baksay B, **Takács M**, Szekanecz Z. (2015). Successful etanercept treatment for primary biliary cirrhosis associated with rheumatoid arthritis. *Isr Med Assoc J*, 17: 114-116.

Kovács A, Baksay B, Cserenyecz A, **Takács M**, Szekanecz Z. (2015). Occurrence of pulmonary rheumatoid nodules following biological therapies. *Clin Rheumatol*, 34: 1639-1642.

Kovács A, **Takács M**. (2017). A primer Sjögren szindróma és modern therapias lehetőségei *Medicus Universalis*, 50: 199-203

Rác K, Pálya Zs, **Takács M**, Nagymáté G, Kiss RM. (2018) Optikai-alapú mozgásvizsgáló módszer kalibrációs pontosságának vizsgálata anatómiai pontok kijelölése esetén *Biomech Hung*, 11: 47-55

Rác K, Pálya Zs, **Takács M**, Nagymáté G, Kiss RM. (2018) Evaluation of anatomical landmark calibration accuracy of a motion capture based analysis protocol *DAS 2017 Proceedings* 5, 26538–26543

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni elsősorban témavezetőmnek, Kiss Rita Professzor Asszonynak, aki megismertette és megszerettette velem a biomechanika tudományát. Különösen hálás vagyok a kitartó, önzetlen, időnként mindent feláldozó segítségéért, amely nélkül a dolgozat nem jöhetett volna létre.

Köszönettel tartozom a MÁV Kórház és Rendelőintézet Főigazgató Főorvosának, - aki egyben az Ortopédiai Osztály Osztályvezető Főorvosa is- Dr. Rudner Ervin Főorvos Úrnak a támogató hozzáállásáért. Minden körülmények között megteremtette számomra a lehetőséget, hogy az Ortopédiai Osztály működése mellett a Tudománnyal foglalkozhassam. Köszönet illeti közvetlen kollégáimat, Dr. Mike György, Dr. Nagy Mihály Főorvos Urakat és Dr. Kovács Attila Professzor Urat valamint Dr. Vlagyimir Remezt és Dr. Svichrán Andrászt, akik a hétköznapi munkavégzés során gyakran vettek le terhet a vállamról a tudomány érdekében. Az Ortopédiai Osztályon dolgozó nővérekéék biztató és támogató szavai is hozzájárultak a rögös út megszépítéséhez.

Köszönetemet fejezem ki továbbá Nagy Ildikónak a MÁV Kórház vezető gyógytornászának és Szabó Gábor gyógytornász-humán kineziológusnak, akik a 14 fős gyógytornász csapatukkal bármikor a Biomechanikai Laboratórium rendelkezésére álltak a mérések kivitelezéséhez és ezáltal segítették az előmeneteletemet is.

Köszönetet mondok a Budapesti Műszaki Egyetemen dolgozó Kollégáimnak, szerzőtársaimnak: Dr. Orlovits Zsanettnak, Dr. Jáger Bencének, Nagymáté Gergelynek, Petró Bálintnak, akik mérnöki és informatikai ismereteikkel önzetlenül tanítottak és segítettek munkámat.

Köszönettel tartozom a vizsgálsorozatban résztvevő gyermekeknek és a gyógytestnevelőknek Lazányi Józsefnének, Batáné Tóth Enikőnek és az iskola védőnőnek Baráthné Nagy Gabriellának akik saját érdekeiken messze túlmutatóan önzetlenül résztvettek a rendszeres, időigényes kontrollvizsgálatokon.

Végül, de nem utolsó sorban hálával tartozom a férjemnek, aki aktívan részt vállalt a cikkek nyelvi lektorálásában és a kisfiamnak Dénesnek, aki születésétől fogva részesévé vált a tudománynak és a Biomechanikai Laboratóriumnak. Hálás vagyok a Szüleimnek, hogy kitartóan támogattak és nyugodt légkört biztosítottak számomra ahhoz, hogy a céljaimat elérjem.