

## ZEBRIS ULTRAHANG-ALAPÚ MOZGÁSVIZSGÁLÓ ESZKÖZ MÉRÉSI PONTOSSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA SCOLIOSISSAL KEZELT GYERMEKEK KÖRÉBEN

Takács Mária<sup>1</sup>, Kocsis László<sup>2</sup>, Nagymáté Gergely<sup>3</sup>, Kiss Rita M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MÁV Kórház és Rendelőintézet, Ortopédiai Osztály, Biomechanikai Laboratórium, Szolnok

<sup>2</sup> Edutus Főiskola, Műszaki Intézet, Tatabánya

<sup>3</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

[rikiss@mail.bme.hu](mailto:rikiss@mail.bme.hu)

DOI: 10.17489/2018/1/07

### Absztrakt

A gyermekkorban kialakuló gerincdeformitások közül a leggyakoribb és legnagyobb jelentőségű az adolescens idiopathias scoliosis (AIS), melynek utánkötésére egyre elterjedtebbek a non-invasív eljárások. A non-invasív eljárások közül egyre nagyobb teret nyer a Zebris ultrahang-alapú gerincvizsgálat, amely alkalmas statikus helyzetben a processus spinosusok térbeli helyzetének meghatározására. A processus spinosusok térbeli helyzetéből a gerinc sagittalis és frontalis görbületei számíthatók. Az irodalomban nem találtunk olyan kutatást, amely scoliosissal rendelkező gyerekek esetén elemezte a gerinc alakjának jellemzésére használt sagittalis és frontalis görbületi szögek mérésének megismétlési pontosságát. A kutatás célja Zebris ultrahang-alapú mozgásvizsgáló rendszerrel mért adatokból számított sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületi szögek megismétlési pontosságának meghatározása általános iskolás korú, scoliosisban szenvedő gyermekek esetén.

A vizsgálatba 23 scoliosissal kezelt lány került bevonásra. A mérés során 19 (C7 és S1 közötti) processus spinosus térbeli helyzetét természetes álló egyenes testhelyzetben Zebris CMS-HS ultrahang-alapú mozgásvizsgáló rendszerrel (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) rögzítettük. A vizsgálatot két orvos végezte és a mérést 3 hét múlva megismételtük. A saját fejlesztésű MATLAB-alapú programmal (MathWorks, Inc, 2016R) a 19 pontra spline módszerrel a sagittalis és a frontalis síkban egy-egy görbét illesztettünk, a görbe érintőinek felhasználásával a sagittalis és frontali síkú görbületek szögértékei számíthatók.

Az ugyanazon vizsgáló által mért értékekből és a két vizsgáló által mért értékekből számított négy-négy paraméter megismétlési pontossága kiváló, melyet az alacsony standard hiba értékek is mutatnak. A legrosszabb megismétlési pontosságot a lumbalis lordosis értékének meghatározásánál találtuk.

A kiváló megismétlési pontosság ( $ICC \geq 0,793$ ,  $SEM \leq 3,869^\circ$ ) alapján megállapítható, hogy a módszer alkalmas scoliosisban szenvedő gyermekek utánkötésére is. A non-invasív Zebris ultrahang-alapú gerincvizsgáló rendszer használatával radiológiai vizsgálatok száma is csökkenthető a scoliosis utánkötése esetén.

**Kulcsszavak:** scoliosis, Zebris ultrahang-alapú mozgásvizsgálat, gyermek gerinc

## The reliability of Zebris ultrasound-based spine examination in patients with scoliosis

### Abstract

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is one of the most common and most important spinal deformities which can develop in childhood, and for its follow-up non-invasive procedures are more and more commonly used. Of the non-invasive methods, Zebris ultrasound-based spinal examination, which is suitable for the determination of the spatial positions of the processus spinosus in a fixed position, is gaining ground. The sagittal and frontal curvatures of the spine can be calculated from the spatial positions of the processus spinosus. There was no study found in the literature which analyzes the repetition accuracy of the measurements of the spine-characterizing sagittal and frontal angles in children with scoliosis. The aim of the study was to determine the repetition accuracy of the sagittal and frontal plane spinal curvature angles calculated from the data measured by Zebris ultrasound-based motion analyzing system in primary school children with scoliosis.

The subjects were 23 girls treated with scoliosis. During the measurement the spatial positions of 19 processus spinosus (between C7 and S1) in a natural standing position were recorded using Zebris CMS-HS ultrasound-based motion analyzing system (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Germany). The examinations were performed by two physicians and the measurements were repeated three weeks later. With the self-developed MATLAB-based program (MathWorks, Inc., 2016R) using the spline method curvatures were placed on the 19 spinal points both in the sagittal and in the frontal planes. Using the curves tangents, the angular values of the sagittal and the frontal curvatures can be calculated.

The repetition accuracy of the four parameters calculated from the values measured by the same tester and from the values measured by the two testers is excellent, which is also represented by the low standard error values. The worst repetition accuracy was found in the determination of the lumbar lordosis value.

Based on the excellent repetition accuracy ( $ICC \geq 0.793$ ,  $SEM \leq 3.869^\circ$ ) it can be established that the method is suitable for the follow-up of children with scoliosis. By using the non-invasive Zebris ultrasound-based spinal examination system, the number of radiological tests can also be reduced during the follow-up of the scoliosis.

**Keywords:** scoliosis, Zebris ultrasound-based motion analysis, child spine

### 1. Bevezetés

A mozgásvizsgálatok egyre fontosabb szerepet töltenek be a diagnosztikában és a rehabilitáció eredményességének követésében. Az alkalmazott mozgásvizsgáló rendszerek egyik képviselője a Zebris CMS-HS rendszer (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország), amely alkalmas mozgás közben az anatómiai pontok térbeli helyzetének meghatározására,

amelyből egyes mozgások paraméterei meghatározhatók.<sup>1</sup> A rendszer WinSpine programcsomagjának segítségével a gerinc statikus helyzetben és mozgás közben egyaránt vizsgálható.<sup>2</sup> Statikus (álló, ülő) helyzetben a mozgásvizsgáló rendszerhez tartozó feldolgozó program a gerinc görbületeit a processus spinosusok, mint jól tapintható anatómiai képletek, térbeli helyzetéből sagittális és frontális síkban a háti és lumbalis görbületeket számítja.

A mérési módszer megismétlési pontosságának meghatározását és validálását több kutatásban is elvégezték. Fölsch és munkatársai 28 egészséges férfi esetén ülőhelyzetben végzett mérései alapján megállapították, hogy két különböző napon mért eredmények közötti különbség  $1,0 \pm 5,3^\circ$ , a SEM (standard error of the measurement, vagyis a mérés standard hibája)  $3,7^\circ$ , a megismétlési pontosság (Inter Correlation Coefficient) is kiváló (ICC: 0,95).<sup>3</sup> Geldhof és munkatársai 40 egészséges gyermek mérési eredményének feldolgozása alapján megállapította, hogy a vizsgálat megismétlési pontossága álló testhelyzetben gyenge (ICC: háti kyphosis 0,39; ágyéki lordosis 0,37), míg ülő testhelyzetben (zongoraszéken  $90^\circ$ -ban hajlított térdekkel) megfelelő (ICC háti kyphosis esetén 0,69; ICC ágyéki lordosis esetén 0,52).<sup>4,5</sup> Egészséges személyeken végzett nyaki szakasz mozgékonyosságának vizsgálata alapján a nyaki flexio-extensio, rotatio és lateralflexio mozgástartományainak megismétlési pontosság kiváló (ICC flexio-extensio esetén 0,96, ICC rotation esetén 0,94, míg az ICC lateral-flexio esetén 0,93).<sup>6</sup> A lumbális gerincszakasz mozgástartománya esetén 20 egészséges fiatal felnőtt vizsgálatok során szintén kiváló megismétlési pontosságot találtak (az azonos napon végzett mérések közötti ICC az első napon 0,89, a második napon 0,90; két nap mérési közötti ICC értéke 0,82).<sup>7</sup>

A gerincgörbületek statikus helyzetben történő meghatározásának validálása egészséges személyeken Zebris és Spinal Mouse non-invasív rendszer között történt. A két eszközzel meghatározott gerincgörbületi szögek közötti maximális különbség háti kyphosis esetén  $0,97^\circ$ , míg ágyéki lordosis esetén  $1,26^\circ$  volt.<sup>8</sup> Nyaki gerinc mozgékonyága esetén a CA6000 Spine Motion Analyser és Zebris által mért értékek ICC értéke 0,75-0,94 között volt.<sup>9,10</sup>

A Zebris mozgásvizsgáló rendszerrel történő mérések megismétlési pontosságát és a módszer validálását egészséges személyeken történő mérésekkel végezték. A gyermekkorban kialakuló gerincdeformitások közül a leggyakoribb és legnagyobb jelentőségű a scoliosis, mivel az adolescent idiopathic scoliosis (AIS) a 10-16 éves gyerekek 2-4%-át is érintheti.<sup>11</sup> A SOSORT<sup>12</sup> (Society on Scoliosis Orthopedic and Rehabilitation Treatment) ajánlása alapján a non-invasív mérőrendszereknek fontos szerepük van scoliosisban szenvedő gyermekek utánkövetésében.

Az irodalomban nem találtunk olyan kutatást, amely scoliosissal rendelkező gyerekek esetén elemezte a gerinc alakjának jellemzésére használt sagittális és frontális görbületi szögek mérésének megismétlési pontosságát. A kutatás célja Zebris ultrahang-alapú mozgásvizsgáló rendszerrel mért adatokból számított sagittális és frontális síkú gerincgörbületek megismétlési pontosságának meghatározása általános iskolás korú, scoliosisban szenvedő gyermekek esetén.

## Anyag és módszer

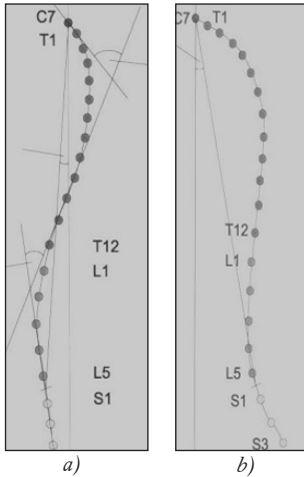
### Anyag

A vizsgálatba 23 scoliosissal kezelt lány került bevonásra. A gyermekek átlag életkora  $13,7 \pm 4,1$  év, átlag testtömege  $48,4 \pm 13,8$  kg, az átlag testmagassága  $169,4 \pm 14,1$  cm volt.

A vizsgálatba beválasztás feltételei voltak az iskolás (6-18 év közötti) életkor, konzervatív módon kezelt és röntgenfelvétellel igazolt scoliosis. A vizsgálatba nem kerültek beválogatásra olyan gyermekek, akiknél végtag hossz-különbség igazolódott, vagy ismert volt egyéb gerinc elváltozás (spina bifida, hemivertebrá, stb.) esetleg korábbi gerincműtétjük volt. A vizsgálatból két gyermek kizárásra került, mivel a második vizsgálaton nem jelentek meg.

## Módszer

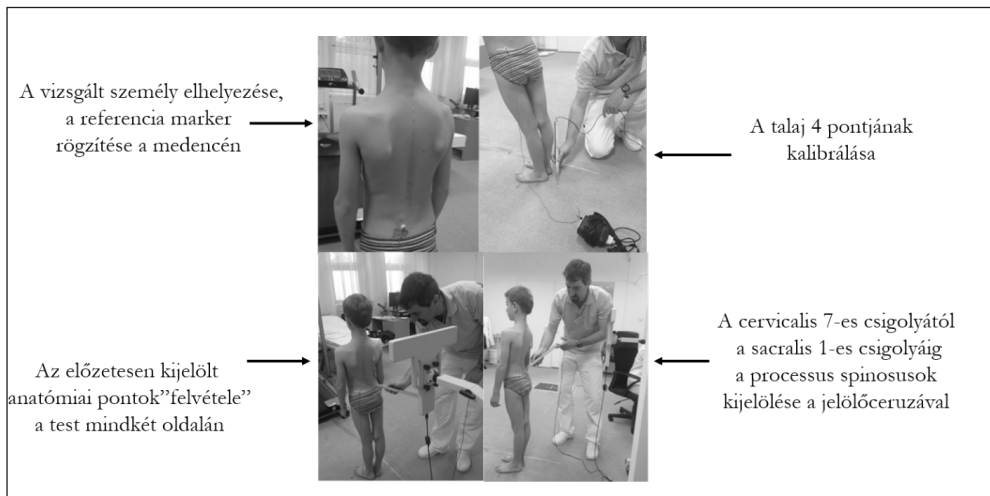
Zebri gerincvizsgáló módszerrel a mérés során 19 (C7 és S1 közötti) processus spinosus térbeli helyzetét természetes álló egyenes testhelyzetben ultrahang-alapú Zebris CMS-HS mozgásvizsgáló rendszerrel (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) rögzítettük. (1. ábra) rögzítettük.



1. ábra. A Zebris Win Spine program frontális (a) és sagittális (b) síkban kalkulálja a processus spinosusok térbeli pozícióját

A mérőfejben lévő adók meghatározott időközönként (a mérési frekvencia 100 Hz) ultrahangjeleket bocsátanak ki, amelyeket a vevők rögzítenek. A vevők térbeli helyzetét a WinSpine (Zebris Medizintechnik GmbH, Isny, Németország) mérésvezérlő program rögzíti, és numerikusan tárolja.<sup>13</sup> A vizsgálat lépései részletesen a 2. ábrán láthatóak.

A Zebris gerincvizsgáló módszerrel 19 (C7 és S1 csigolyák között) processus spinosus térbeli helyzetét rögzítettük. A saját fejlesztésű MATLAB-alapú programmal (MathWorks, Inc, 2016R) a 19 pontra spline módszerrel a sagittális és a frontális síkban egy-egy görbét illesztünk<sup>14</sup>. A sagittális síkban a háti kyphosis szöge (TK) a Th1 és Th12 csigolyák processus spinosusainál meghatározott érintők által bezárt szög, míg a lumbalis lordosis szöge (LL) a Th12 és L5 csigolyák processus spinosusainál meghatározott érintők által bezárt szög. A frontális síkban a scoliosis görbületének a szögét (TSC és LSC) a röntgen felvételeken meghatározott, a görbületet határoló csigolyák processus spinosusainál meghatározott érintők által bezárt szögeként értelmeztük (thoracalis és thoracolumbalis-lumbalis).<sup>14</sup>



2. ábra. A Zebris ultrahang-alapú tartásvizsgálat lépései, leengedett kartartású, természetes álló egyenes testhelyzetben

## Megismétlési pontosság meghatározása

A megismétlési pontosság meghatározásához, a módszer alfejezetben leírt mérést (2. ábra) két ortopéd orvos végezte. Mindkét orvos a mérési módszerben és a mérőműszer használatában 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 ismételt elvégezte 30 percnyi különbséggel.

## Statistika

A megismétlési pontosság meghatározására az összetartozási együtthatót (angolul: intraclass correlation coefficient, ICC) számoltuk a négy mérést alapul véve. Egy mérés ismétlési pontosságának megállapítására, azaz abszolút egyezőség vizsgálatára kétutas kevert modell használtunk.<sup>15</sup> A mérőszemélyek közötti egyezőség megállapítása azonos modellel történt, a megbízhatóságot egy mérőszemély mérési pontosságára megadva abszolút egyezőség

esetén. Mindkét vizsgálati szempontra a mérés standard hibája (SEM) is meghatározásra került, melyet az egyéneken belüli szórások négyzetes középértéke definiál.

## Eredmények

A mérési eredményekből számított, a gerinc görbületeit jellemző paraméterek (TK, LL, TSC és LSC) átlagát és szórását az 1. táblázatban, míg a megismétlési pontosságot jellemző értékeket (ICC és SEM) a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A 2. táblázat eredményei alapján az ugyanazon vizsgáló által mért értékekből és a két vizsgáló által mért értékekből számított négy-négy paraméter megismétlési pontossága (ICC  $\geq 0,793$ ) kiváló (ICC  $\geq 0,75$ ).<sup>16</sup> A SEM értékek is alacsonyok (SEM  $\leq 3,865^\circ$ ), amelyek szintén a megismétlési pontosság kiválóságát mutatják.<sup>17</sup> A legrosszabb megismétlési pontosságot a lumbalis lordosis értékének meghatározásánál találtuk (2. táblázat).

	Első napi mérés								Második napi mérés							
	1. orvos				2. orvos				1. orvos				2. orvos			
	átlag	szórás	95%CI lower	95%CI upper	átlag	szórás	95%CI lower	95%CI upper	átlag	szórás	95%CI lower	95%CI upper	átlag	szórás	95%CI lower	95%CI upper
TK	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
LL	40,79	6,78	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
TSC	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	10,42	9,10	18,59
LSC	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

1. táblázat. A gerinc görbületeit jellemző paraméterek átlaga és szórása °-ban

TK: háti kyphosis, LL: lumbalis lordosis, TSC és LSC: frontális síkban a scoliosis görbületek szöge thoracalis és lumbalis szakaszon

	Test-retest eredmények egy-egy orvos figyelembe vételével				Inter-rater megbízhatóság, azaz két orvos közötti megismétlési pontosság			
	ICC	95% CI alsó határ	95% CI felső határ	SEM [°]	ICC	95% CI alsó határ	95% CI felső határ	SEM [°]
TK	0,958	0,921	0,981	3,268	0,948	0,906	0,972	3,853
LL	0,814	0,681	0,909	3,419	0,793	0,647	0,884	3,865
TSC	0,985	0,970	0,994	1,299	0,984	0,968	0,992	1,416
LSC	0,922	0,853	0,966	1,901	0,913	0,837	0,954	2,127

2. táblázat. A megismétlési pontosságot jellemző paraméterek összefoglalása

### Megbeszélés

A kutatás célja a Zebris ultrahang-alapú mozgásvizsgáló rendszerrel mért adatokból számított sagittalis és frontalis síkú gerincgörbületek megismétlési pontosságának meghatározása általános iskolás korú, scoliosisban szenvedő gyermekek esetén.

A vizsgálat során 21 scoliosisban szenvedő lánygyermek két időpontban két-két orvos által Zebris ultrahang-alapú gerincvizsgáló módszerrel mért mérési eredményekből számított sagittalis és frontalis síkú görbületek szögértékeit hasonlítottuk össze. A számított ICC és SEM értékek alapján a megismétlési pontosság mind azonos mind különböző orvosok mérései alapján kiváló.

Az ICC értéke 0,814-0,985 közötti (2. táblázat), amely Fölsch és munkatársai egészséges fiatal felnőtteken mért értékekből meghatározott ICC értékekkel azonos.<sup>3</sup> Ezt mutatja a SEM értékeket közel azonosossága is.<sup>3</sup> Geldhof és munkatársai<sup>4,5</sup> álló testhelyzetben gyenge megismétlési pontosságot kaptak. Az eltérés oka vélhetően az, hogy Geldhof és munkatársai sem a testtartást sem a mérés menetét nem egységesítették. A kiváló jó megismétlési pontosságot az is megerősíti, hogy a két mérést végző személy esetén az ICC értéke 0,793 értéknél nagyobb, SEM értéke 3,865°-nál kisebb.

A legrosszabb megismétlési pontosságot ( $ICC_{\text{test-retest}} = 0,814$ ;  $ICC_{\text{inter-rater}} = 0,793$ ;  $SEM_{\text{test-retest}} = 3,419^\circ$ ;  $SEM_{\text{inter-rater}} = 3,865^\circ$ ) a lumbalis lordosis szögértékének meghatározásánál mértük, amely megegyezik mind Fölsch<sup>3</sup> és munkatársai, mind Geldhof<sup>4,5</sup> és munkatársai által tett megállapításokkal. Az alacsonyabb, de még mindig kiváló, megismétlési pontosság oka vélhetően a lumbalis gerincszakasz mellett lévő vastosabb paravertebralis izomzat. Az optikai-alapú és radiológiai-alapú mérések összehasonlításakor is azt kapták, hogy a lumbalis szakaszon a megismétlés pontossága rosszabb<sup>18</sup>.

A cikkben bemutatott kutatás újdonsága, hogy Zebris ultrahang-alapú gerincvizsgáló módszer használatával scoliosisban szenvedő lányok esetén meghatározta a statikus testtartást jellemző gerincgörbületi szögek megismétlési pontosságát. A kiváló megismétlési pontosság ( $ICC \geq 0,793$ ,  $SEM \leq 3,869^\circ$ ) alapján megállapítható, hogy a módszer alkalmas scoliosisban szenvedő gyermekek utánkövetésére is. A non-invasív Zebris ultrahang-alapú gerincvizsgáló rendszer használatával scoliosis utánkövetése során a radiológiai vizsgálatok száma is csökkenthető.

### IRODALOM

1. Kiss RM, Kocsis L, Knoll Zs. Joint kinematics and spatial temporal parameters of gait measured by an ultrasoundbased system. *Medical Engineering & Physics* 2004;26:611–20.
2. Viola S, Szóke Gy, Kocsis L, Körmendi Z, Zsidai A. Kinesiologic examination in AIS. *Orv Hetil* 2007;6:259–63.
3. Fölsch C, Schlögel S, Lakemeier S, Wolf U, Timmesfeld N, Skwara A. Test-retest reliability of 3D ultrasound measurements of the thoracic spine. *PM R* 2012 May;4(5):335–41.
4. Geldhof E, Cardon G, De Bourdeaudhuij I, Dancneels L, Coorevits P, Vanderstraeten G, De Clercq D. Effects of back posture education on elementary schoolchildren's back function. *Eur Spine J* 2007 Jun;16(6):829–39.
5. Geldhof E, Cardon G, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. Back posture education in elementary schoolchildren: a 2-year follow-up study. *Eur Spine J* 2007 Jun;16(6):841–50.
6. Malmström EM, Karlberg M, Melander A, Magnusson M. Zebris versus Myrin: a comparative

- study between a three-dimensional ultrasound movement analysis and an inclinometer/compass method: intradevice reliability, concurrent validity, intertester comparison, intratester reliability, and intraindividual variability. *Spine* 2003 Nov 1;28(1):E433-40
7. Moutzouri M, Billis E, Strimpačos N, Kottika P, Oldham JA. 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* 2008 Oct 1;9:131.
  8. Kiss RM. Verification of determining the curvatures and range of motion of the spine by electromechanical-based skin-surface device. *Period. Polytech. Civil Eng* 2008;52:3-13.
  9. Mannion AF, Klein GN, Dvorak J, Lanz C. Range of global motion of the cervical spine: intraindividual reliability and the influence of measurement device. *Eur Spine J* 2000 Oct;9(5):379-85.
  10. Cagnie B, Cools A, De Loose V, Cambier D, Dancneels L. Reliability and normative database of the Zebris cervical range-of-motion system in healthy controls with preliminary validation in a group of patients with neck pain. *J Manipulative Physiol Ther* 2007 Jul-Aug;30(6):450-5.
  11. Reamy BV, Slakey JB. Adolescent idiopathic scoliosis: review and current concepts. *Am Fam Physician* 2001 Jul 1; 64(1):111-6.
  12. Knott P, Pappo E, Cameron M et al. SOSORT 2012 consensus paper: reducing x-ray exposure in pediatric patients with scoliosis. *Scoliosis*. 2014 Apr 25;9:4.
  13. Zsidai A, Kocsis L. Ultrasound based measuring diagnostic and muscle activity measuring system for spinal analysis. *Technol. Health. Care*. 2006;14(4-5):243-50.
  14. Jáger B, Kristóf T, Takács M, Tamás P, Kiss RM. Gerincalak matematikai leírása in-vivo elektromágnes- és ultrahang-alapú mérési eredmények felhasználásával. *Biomechanica Hungarica* 2015;8(2):49-58.
  15. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*. 2016 Jun;15(2):155-63.
  16. Fleiss JL. Reliability of Measurement. The Design and Analysis of Clinical Experiments. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2011. pp. 1-32.
  17. Lafond D, Corriveau H, Hébert R, Prince F. Intra-session reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004 Jun;85(6):896-901.
  18. Schmid S, Studer D, Hasler CC et al. Using Skin Markers for Spinal Curvature Quantification in Main Thoracic Adolescent Idiopathic Scoliosis: An Explorative Radiographic Study. *PLoS One*. 2015 Aug 13;10(8):e0135689.

*A közlemény az OTKA K115894 azonosítószámú pályázatának támogatásával készült.*

### Takács Mária

MÁV Kórház és Rendelőintézet, Ortopédiai Osztály, Biomechanikai Laboratórium, Szolnok  
H-5000 Szolnok, Verseyhy F. út 6-8.

Tel.: (+36) 56 524 633

**EZ AZ ÖN HIRDETÉSÉNEK HELYE**