

Możliwości wykorzystania telefonu komórkowego w badaniu krzywizn strzałkowych kręgosłupa

Using smartphones in the evaluation of spinal curvatures in a sagittal plane

Jakub Waś^{1,2 A-F}, Dominik Sitarski^{1,2 C}, Paulina Ewertowska^{1 D}, Justyna Błoda^{1 A}, Dariusz Czaprowski^{1,2 E,F}

¹ Wydział Fizjoterapii, Olsztyńska Szkoła Wyższa im. Józefa Rusieckiego, Olsztyn.
Faculty of Physiotherapy, Jozef Rusiecki University College in Olsztyn

² Centrum Postawy Ciała, Olsztyn. Body Posture Centre in Olsztyn

A – opracowanie koncepcji i założeń (preparing concepts)
B – opracowanie metod (formulating methods)
C – przeprowadzenie badań (conducting research)
D – opracowanie wyników (processing results)
E – interpretacja i wnioski (interpretation and conclusions)
F – redakcja ostatecznej wersji (editing the final version)

Streszczenie

Wstęp: W celu obiektywizacji diagnostyki narządu ruchu wykorzystuje się szereg metod i narzędzi. Ograniczeniem ich stosowania w codziennej diagnostyce fizjoterapeutycznej może być cena oraz dostępność. Dlatego w piśmiennictwie zwraca się uwagę na możliwość wykorzystania w tym celu telefonów komórkowych wyposażonych w odpowiednią aplikację. Przed wykorzystaniem konieczne jest zweryfikowanie zgodności pomiarów wykonanych za ich pomocą ze standardowymi narzędziami pomiarowymi. Celem pracy była ocena zgodności pomiarów krzywizn strzałkowych kręgosłupa wykonanych za pomocą inklinometru cyfrowego oraz aplikacji na telefon komórkowy.

Materiał i metody: Badaniem objęto 40 osób w wieku 22-39 lat (śr 23,0±3,7). Wśród badanych za pomocą inklinometru cyfrowego Saundersa i telefonu komórkowego przeprowadzono w swobodnej pozycji stojącej i siedzącej pomiar strzałkowych krzywizn kręgosłupa (nachylenie krzyżowe – L-S, lordoza lędźwiowa – L, kifoza piersiowa – K₁, kifoza piersiowa część górna – K₁, kifoza piersiowa część dolna – K₂).

Wyniki: Nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy średnią wartością strzałkowych krzywizn kręgosłupa ocenionych w pozycji stojącej (L-S 19° ±8,2 vs 17° ±8,4 p=0,3; L 32° ±11,1 vs 29° ±10,3 p=0,2; K 43° ±8,4 vs. 41° ±8,1 p=0,2; K₁ 31° ±7,2 vs 29,0° ±7,3; K₂ 11° ±7,4 vs 11,0° ±6,7) i siedzącej (L-S 3,75° ±8,9° p=0,8; L 5,8° ±9,06 vs 5,2° ±8,5 p=0,75; K 40,0° ±8,1 vs 36,7° ±7,9 p=0,6; K₁ 25,8° ±7,1 vs 24,9° ±7,1; K₂ 14,5° ±9,9 vs 11,5° ±9,4) za pomocą inklinometru i telefonu.

Wnioski: Badanie krzywizn strzałkowych kręgosłupa wykonane za pomocą inklinometru i telefonu pozwala na uzyskanie zgodnych wyników. Narzędzie to można wykorzystywać w codziennej praktyce klinicznej w celu obiektywizacji oceny stanu narządu ruchu.

Słowa kluczowe:

krzywizny strzałkowe kręgosłupa, zgodność, smartfon, inklinometr cyfrowy

Abstract

Introduction: In physiotherapeutic diagnostic processes, various tools and methods may be used. However, price and availability may limit their daily use in clinical practice. Therefore, the suggestion that smartphones with specific applications may be useful as diagnostic tools can be found in the literature. However, before using them in clinical practice, it is important to verify their reliability. The aim of the study was to evaluate the consistency of measurements of the curvatures in the sagittal plane performed with the Saunders digital inclinometer and a smartphone application.

Materials and methods: The study included 40 subjects aged 22-39 years (23.0 ± 3.7). All subjects had sagittal spinal curvatures (sacral slope - SS, lumbar lordosis - L, thoracic kyphosis - K, upper thoracic kyphosis - K_1 , lower thoracic kyphosis - K_2) measured in both standing and sitting positions with the Saunders digital inclinometer and a smartphone application.

Results: In measurements performed with the use of the Saunders inclinometer and the smartphone, no significant differences were found between the size of the curvatures of the spine in a standing position (SS $19^\circ \pm 8.2$ vs. $17^\circ \pm 8.4$ $p=0.3$; L $32^\circ \pm 11.1$ vs. $29^\circ \pm 10.3$ $p=0.2$; K $43^\circ \pm 8.4$ vs. $41^\circ \pm 8.1$ $p=0.2$; K_1 $31^\circ \pm 7.2$ vs. $29.0^\circ \pm 7.3$; K_2 $11.0^\circ \pm 7.4$ vs. $11.0^\circ \pm 6.7$) and a sitting position (SS $3.75^\circ \pm 8.9^\circ$ $p=0.8$; L $5.8^\circ \pm 9.06$ vs. $5.2^\circ \pm 8.5$ $p=0.75$; K $40.0^\circ \pm 8.1$ vs. $36.7^\circ \pm 7.9$ $p=0.6$; K_1 $25.8^\circ \pm 7.1$ vs. $24.9^\circ \pm 7.1$; K_2 $14.5^\circ \pm 9.9$ vs. $11.5^\circ \pm 9.4$).

Conclusions: The examination of spinal curvatures in the sagittal plane using Saunders digital inclinometer and a smartphone application allows researchers to obtain reliable results. Therefore, smartphones can be used for an objective evaluation of the musculoskeletal system in daily clinical practice.

Key words: sagittal curvature of the spine, consistency, smartphone, digital inclinometer

Wstęp

Jedną z cech prawidłowej postawy ciała jest ukształtowanie kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej. Zachowanie warunków fizjologicznych sprawia, że kręgosłup staje się bardziej wytrzymały na działanie sił zewnętrznych [1]. Ponadto, prawidłowe wielkości krzywizn strzałkowych warunkują odpowiednią amortyzację kręgosłupa, a co za tym idzie całego ciała. Prawidłowa wielkość kifozy piersiowej wpływa dodatkowo na ruchomość klatki piersiowej, co z kolei przekłada się na wydolność układu krążeniowo-oddechowego [2].

Podczas fizjoterapii stosuje się wiele metod, technik i narzędzi mających na celu zarówno diagnostykę narządu ruchu pacjenta, jak również weryfikację postępów prowadzonego leczenia [3]. Obiektywizacja procesu diagnostyczno-terapeutycznego jest kluczowa dla prawidłowego zaplanowania celów leczenia oraz minimalizowania błędów przy ich realizacji [3].

Potwierdzają to wytyczne medycyny opartej na dowodach naukowych (ang. Evidence Based Medicine, EBM) oraz praktyki klinicznej opartej na dowodach naukowych (Evidence Based Clinical Practice, EBCCP), zgodnie z którymi diagnostyka powinna być obiektywizowana za pomocą wiarygodnych, rzetelnych i powtarzalnych narzędzi pomiarowych oraz odpowiednich metod badawczych [4-6].

W piśmiennictwie precyzyjnie opisano sposób oceny krzywizn strzałkowych kręgosłupa [7]. Według aktualnych doniesień standardem w powyższej diagnostyce jest inklinometr cyfrowy Saundersa [7].

Naukowcy jak i klinicyści coraz częściej poszukają nowych rozwiązań, które ułatwiłyby obiektywizację

Introduction

One of the features of a correct body posture is the shape of the spine in the sagittal plane. Maintaining physiological conditions causes the spine to be more resistant to external forces [1]. Moreover, proper sagittal curvatures of the spine allow for adequate shock absorption in the spine and the whole body. Correct thoracic kyphosis also influences the mobility of the thorax and, consequently, the functioning of the cardiovascular system. [2].

A lot of methods, techniques and tools that help to examine the musculoskeletal system of a patient and to verify the treatment progress are used in physiotherapeutic procedures [3]. An objective diagnostic and therapeutic process is a key element when planning treatment goals and trying to avoid mistakes that might occur during goal realization [3].

It is confirmed by the guidelines of evidence-based medicine (EBM) and evidence-based clinical practice (EBCCP), according to which diagnosis ought to be made objective by means of accurate, reliable and repeatable measurement tools as well as adequate research methods [4-6].

The literature of the subject clearly describes a method of evaluating sagittal curvatures of the spine [7]. According to current publications, the Saunders digital inclinometer is a standard diagnostic tool [7].

Researchers and clinicians more and more frequently seek new solutions that would facilitate examining the musculoskeletal system in an objective manner. One way is to use a smartphone [8-11].

diagnostyki narządu ruchu. Jedną z takich możliwości jest wykorzystanie w tym celu telefonów komórkowych typu smartphone [8–11]. Telefon komórkowy, to urządzenie, które posiada niemal każda osoba, a możliwości jakie proponują producenci telefonów typu smartphone oraz dostęp do różnych aplikacji coraz bardziej poszerzają spektrum ich zastosowania.

Celem pracy jest ocena zgodności pomiarów krzywizn strzałkowych kręgosłupa wykonanych za pomocą inklinometru cyfrowego Saundersa oraz aplikacji na telefon komórkowy „Scoliometer 1.1”

Materiał i metody

W badaniu udział wzięło 40 zdrowych studentów Wydziału Fizjoterapii Olsztyńskiej Szkoły Wyższej im. Józefa Rusieckiego w Olsztynie. Badaniem objęto kobiety i mężczyzn w wieku od 22 do 39 lat (śr 23,0 ±3,7) (Tab. 1). Kryteria włączenia do badania były następujące: (1) brak bólu kręgosłupa w ostatnich 6. miesiącach; (2) brak urazów narządu ruchu w ostatnich 6. miesiącach; (3) brak zabiegów operacyjnych w ostatnich 6. miesiącach; (4) brak schorzeń neurologicznych oraz (5) brak uogólnionej hipermobilności stawowej [12].

Badanie przeprowadzono w latach 2014/2015 w Centrum Postawy Ciała Fundacji Centrum Zdrowia i Sportu przy Olsztyńskiej Szkole Wyższej im. Józefa Rusieckiego w Olsztynie.

Narzędziami badawczymi były autorski kwestionariusz wywiadu, wzrostomierz lekarski (Tryb-Wag, Bydgoszcz, Polska), inklinometr cyfrowy Saundersa (Baseline Digital Inclinometer, The Saunders Group Inc, Chaska, MN, USA) oraz telefon komórkowy typu smartphone (LG-P700 Swift L7 z systemem operacyjnym Adroid 4.0.3, Korea).

Zakres badań:

1. Pomiar wysokości i masy ciała.

Badanie przeprowadzono przy użyciu wzrostomierza lekarskiego z wagą. Badany przyjmował pozycję stojącą ze stopami ustawionymi równolegle względem siebie na szerokość stawów biodrowych. Badany patrzył przed siebie. Pomiar wysokości ciała przeprowadzono z dokładnością do 0,5 cm, pomiar masy ciała wykonywano z dokładnością do 0,1 kg.

2. Diagnostyka hipermobilności stawowej.

Badanie wykonano w oparciu o 9-punktowy test Beightona [12]. Zgodnie z przyjętymi kryteriami o występowaniu uogólnionej hipermobilności stawowej świadczyło uzyskanie ≥ 5 punktów dla kobiet oraz ≥ 4 dla mężczyzn [12].

Virtually everybody has a mobile phone and the fact that smartphones have a wide range of functions and applications available makes it possible to use them in a growing variety of situations.

The aim of the study was to evaluate the consistency of measurements of the curvatures in the sagittal plane of the spine performed with the Saunders digital inclinometer and the Scoliometer 1.1 smartphone application.

Material and methods

The study included 40 healthy students from the Faculty of Physiotherapy at Jozef Rusiecki University College in Olsztyn. Female and male individuals aged 22-39 (23.0 ±3.7) took part in the study (tab. 1). The inclusion criteria were as follows: (1) no back pain in the last 6 months; (2) no injuries of the musculoskeletal system in the last 6 months; (3) no surgeries in the last 6 months; (4) no neurological conditions and (5) no generalized joint hypermobility [12].

The research was carried out in the years 2014-2015 at the Body Posture Centre of the Foundation for Health and Sport at Jozef Rusiecki University College in Olsztyn.

The research tools included the authors' own questionnaire (interviewer-administered questionnaire), a height measuring device (Tryb-Wag, Bydgoszcz, Poland), the Saunders digital inclinometer (Baseline Digital Inclinometer, The Saunders Group Inc, Chaska, MN, USA) and a smartphone (LG-P700 Swift L7 with Android 4.0.3, Korea).

Scope of research:

1. Measurement of body height and mass.

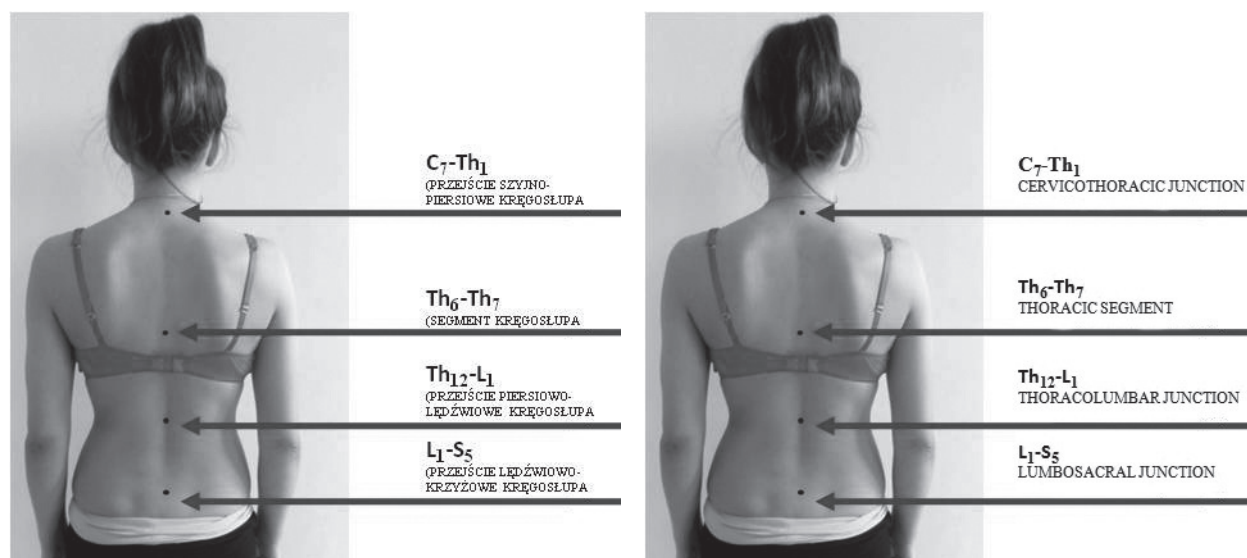
The examination was performed using a height measuring device with a weighing scale. The subjects were in a free standing position with feet hip-width apart and they were looking ahead. Body height was measured with an accuracy of 0.5 cm, while body mass was measured with an accuracy of 0.1 kg.

2. Examination of joint hypermobility.

The assessment was based on a 9-point Beighton test [12]. According to the criteria, generalized joint hypermobility was diagnosed in females who scored ≥ 5 points and males who obtained ≥ 4 points [12].

3. Measurement of sagittal curvatures of the spine using the Saunders digital inclinometer.

Prior to the examination, anatomical points were marked on the body of each study participant with a permanent marker (fig. 1). These included cer-



Ryc. 1. Punkty antropometryczne na ciele badanego [materiał własny]

Fig. 1. Anthropometric points on the subject's body [the authors' own material]

3. Pomiar krzywizn strzałkowych kręgosłupa za pomocą inklinometru cyfrowego Saundersa.

Przed przystąpieniem do badania na ciele każdego badanego przy pomocy wodoodpornego markera oznaczono punkty anatomiczne (Ryc. 1). Należały do nich: przejście szyjno-piersiowe (C7-Th1), segment Th6-Th7, przejście piersiowo-lędźwiowe (Th12-L1) i przejście lędźwiowo-krzyżowe (L5-S1).

Pierwszy pomiar przeprowadzono w swobodnej pozycji stojącej, bez obuwia (Ryc. 2). Kończyny dolne ustawione były na szerokość stawów biodrowych, stopy ustawione były równolegle względem siebie. Kończyny górne pozostawały w pozycji swobodnej. Drugi pomiar przeprowadzono w swobodnej pozycji siedzącej (Ryc. 3). Kończyny górne były opuszczone wzdłuż tułowia, zaś kończyny dolne pozostawały w zgięciu w stawach biodrowych i kolanowych pod kątem 90°. Stopy ustawione były na szerokość bioder, równolegle względem siebie.

Pomiar został wykonany zgodnie z wytycznymi Amiercan Medical Association [7]. Dla określenia kąta nachylenia krzyżowego, inklinometr został skalibrowany w pozycji horyzontalnej, po czym przyłożono go do przejścia lędźwiowo-krzyżowego (L5-S1). Pomiar lordozy lędźwiowej polegał na wyzerowaniu inklinometru na przejściu lędźwiowo-krzyżowym (L5-S1) i odczytaniu jej wartości na przejściu piersiowo-lędźwiowym kręgosłupa (Th12-L1). Kąt kifozy piersiowej odczytano, po uprzednim wyzerowaniu urządzenia w przejściu piersiowo-lędźwiowym (Th12-L1), poprzez przyłożeniu urządzenia w miejsce przejścia szyjno-piersiowego (C7-Th1). Dodatkowo kifozę piersiową podzielono na jej górną i dolną część. Kąt dolnej

vicothoracic junction (C7-Th1), thoracic segment (Th6-Th7), thoracolumbar junction (Th12-L1) and lumbosacral junction (L5-S1).

The first measurement was conducted in a free standing position (arms by the side, feet hip-width apart) with no shoes on (fig. 2). The second examination was performed in a free sitting position (arms by the side, feet hip-width apart) with lower limbs bent in hips and knee joints at an angle of 90° (fig. 3).

The measurement was performed according to the guidelines of the American Medical Association [7]. To determine the angle of the sacral slope, the inclinometer was calibrated in a horizontal position and placed at the lumbosacral junction (L5-S1). Lumbar lordosis was measured by zeroing the inclinometer at the lumbosacral junction (L5-S1) and checking the value at the thoracolumbar junction (Th12-L1). For the measurement of the thoracic kyphosis angle, the inclinometer was zeroed at the thoracolumbar junction (Th12-L1) and placed at the cervicothoracic junction (C7-Th1). Moreover, thoracic kyphosis was divided into an upper and lower type. The angle of lower thoracic kyphosis was measured between the thoracolumbar junction (Th12-L1), where the inclinometer was calibrated, and the Th6-Th7 level. Upper thoracic kyphosis was measured between the Th6-Th7 level and the cervicothoracic junction (C7-Th1). When lordosis was found, the measurement was marked with '-'. All the measurements were made three times and their averaged values were subsequently analyzed [13,14]. The measurements were performed by a researcher with 3-year experience of assessing sagit-



Ryc. 2. Pomiar lordozy lędźwiowej w pozycji stojącej [materiał własny]

Fig. 2. Measurement of lumbar lordosis in a standing position [the authors' own material]



Ryc. 3. Pomiar kifozy piersiowej w pozycji siedzącej [materiał własny]

Fig. 3. Measurement of thoracic kyphosis in a sitting position [the authors' own material]

części kifozy piersiowej kręgosłupa zmierzono od przejścia piersiowo-lędźwiowego (Th12-L1), gdzie inklinometr został skalibrowany, do segmentu Th6-Th7. Górna część kifozy piersiowej została zmierzona od poziomu Th6-Th7 (wyzerowanie urządzenia) do przejścia szyjno-piersiowego (C7-Th1). Ze znakiem „-” zapisywano pomiar wskazujący na lordotyczne ustawienie badanego odcinka kręgosłupa. Każdy pomiar wykonano 3-krotnie. Do dalszej analizy przyjmowano ich uśrednioną wartość [13,14]. Pomiaru dokonał badacz z 3-letnim doświadczeniem w wykonywaniu pomiarów krzywizn strzałkowych kręgosłupa z wykorzystaniem inklinometru cyfrowego Saundersa.

4. Pomiar krzywizn strzałkowych kręgosłupa za pomocą telefonu z aplikacją inklinometru.

Metodyka wykonania pomiarów za pomocą telefonu z aplikacją „inklinometr” była zgodna z metodyką pomiarów wykonanych za pomocą inklinometru Saundersa. Do zebrania danych wykorzystano telefon komórkowy typu smartphone z oprogramowaniem Android 4.0.3 z wbudowanym akcelerometrem. Urządzenie posiadało odpowiednią aplikację (Scoliometer 1.1) pozwalającą na dokonywanie pomiarów kąto-

tal curvature of the spine with the use of the Saunders digital inclinometer.

4. Measurement of sagittal curvatures of the spine using a smartphone with the inclinometer application.

Methodology of performing measurements using a smartphone with the inclinometer application was consistent with the methodology of measurements carried out with the Saunders inclinometer. To collect the data, a smartphone with Android 4.0.3 software with a built-in accelerometer was used. The device was equipped with an appropriate application (Scoliometer 1.1) that made it possible to perform angle measurements. The application was downloaded from an on-line shop free of charge.

5. Pilot study.

Prior to the main study, measurement reliability and error were determined both for the Saunders inclinometer and the smartphone. The pilot study was conducted on 20 randomly selected students aged 22-39 (23.2 ± 3.4) from the Faculty of Physiotherapy at Jozef Rusiecki University College in Olsztyn. The measurements were conducted in a free standing position in accordance with the methodology

Tab. 1. Charakterystyka grupy badanej
Tab. 1. Description of the study group

	Kobiety n=26 Women n=26		Mężczyźni n=14 Men n=14	
	Średnia / Mean	SD	Średnia / Mean	SD
Wiek (lata) Age (years)	22,3	2,8	24,2	4,9
Masa ciała (kg) Body mass (kg)	64,3	14,9	80,8	11,4
Wysokość ciała (m) Body height (m)	1,7	0,1	1,8	0,1
BMI (kg/m ²)	22,5	4,5	24,9	3,6

wych. Aplikacja ta była pobrana za darmo ze sklepu internetowego.

5. Badanie pilotażowe.

Przed przystąpieniem do badań właściwych oceniono poziom rzetelności pomiarów oraz wyznaczono towarzyszący im błąd pomiaru zarówno dla inklinometru Saundersa jaki i telefonu komórkowego. Badanie pilotażowe zostało przeprowadzone u dwudziestu losowo wybranych studentów Wydziału Fizjoterapii Olsztyńskiej Szkoły Wyższej w wieku 22 do 39 lat (śr 23,2 ±3,4) Pomiary wykonano w swobodnej pozycji stojącej zgodnie z metodyką opisaną powyżej. Pomiary zostały wykonane przez pierwszego autora pracy dwukrotnie w odstępie tygodnia.

6. Analiza statystyczna.

Do analizy statystycznej wykorzystano program Microsoft Exel 2007, za pomocą którego obliczono statystyki opisowe. Do analizy danych wykorzystano również program Statistica 7.1 (StatSoft, Polska).

Dla oceny rzetelności pomiarów wyznaczono wielkość współczynnika korelacji wewnątrzklasowej (ang. intraclass correlation coefficient, ICC) oraz wyznaczono wielkość błędu pomiarowego [15,16].

Do oceny zgodności rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym wykorzystano test Shapiro-Wilka. Dodatkowo dokonano oceny istotności różnic pomiędzy wynikami uzyskanymi podczas pomiarów przeprowadzonych za pomocą inklinometru cyfrowego Saundersa oraz telefonu komórkowego. W tym celu wykorzystano test U Manna-Whitneya oraz t-studenta dla grup niezależnych. Jako poziom istotności różnic przyjęto wartość $p \leq 0,05$.

presented above. The examinations were performed twice (with a one-week interval) by the first author of this work.

6. Statistical analysis.

Microsoft Exel 2007 was used for descriptive statistical calculations. Furthermore, Statistica 7.1 (StatSoft, Poland) was applied to analyze the data.

The intraclass correlation coefficient (ICC) and the measurement error were determined to assess measurement reliability [15,16].

The normality of distribution was assessed with the Shapiro-Wilk test. Moreover, the U Mann-Whitney test and the Student's t test for independent groups were employed to estimate the significance of differences between the results obtained with the use of the Saunders digital inclinometer and the smartphone. The significance level was set at $p \leq 0.05$.

Results

Pilot study

The reliability of the measurements performed with the Saunders inclinometer ranged between 0.7 and 0.9 [15,16], while the measurement error was found to be in the range between 8.1° and 11.4° (tab. 2).

An analogous analysis was carried out for the smartphone equipped with a proper application. Measurement reliability ranged from 0.6 to 0.9

Tab. 2. Poziom rzetelności pomiarów oraz wielkości błędów pomiarowych towarzyszących ocenie krzywizn strzałkowych kręgosłupa – inklinometr cyfrowy Saundersa

Tab. 2. Measurement reliability and errors regarding the assessment of curvatures of the spine in the sagittal plane – Saunders digital inclinometer

Odcinek kręgosłupa Region of the spine	ICC	Błąd pomiaru Measurement error
Nachylenie krzyżowe (°) Sacral slope (°)	0.9	8.1
Lordoza lędźwiowa (o) Lumbar lordosis (o)	0.9	10.2
Kyfoza piersiowa (o) Thoracic kyphosis (o)	0.8	8.5
Dolna część kyfozy piersiowej (o) Lower thoracic kyphosis (o)	0.7	10.9
Górna część kyfozy piersiowej (o) Upper thoracic kyphosis (o)	0.8	11.4
Smartphone Telefon komórkowy		
Nachylenie krzyżowe (o) Sacral slope (o)	0.9	9.8
Lordoza lędźwiowa (o) Lumbar lordosis (o)	0.9	12.8
Kyfoza piersiowa (o) Thoracic kyphosis (o)	0.8	11.8
Dolna część kyfozy piersiowej (o) Lower thoracic kyphosis (o)	0.7	11.1
Górna część kyfozy piersiowej (o) Upper thoracic kyphosis (o)	0.6	12.5

Tab. 3. Pozycja swobodna stojąca

Tab. 3. Free standing position

Odcinek kręgosłupa Region of the spine	Inklinometr cyfrowy Saundersa Średnia± Saunders digital incli- nometer Mean±	Telefon komórkowy Średnia± Smartphone Mean±	P
Nachylenie krzyżowe (o) Sacral slope (o)	(-) 19,0 ±8,2	(-) 17,0 ±8,4	0,3
Lordoza lędźwiowa (o) Lumbar lordosis (o)	(-) 32,0 ±11,1	(-) 29,0 ±10,3	0,2
Kyfoza piersiowa (o) Thoracic kyphosis (o)	43,0 ±8,4	41,0 ±8,1	0,2
Dolna część kyfozy piersiowej (o) Lower thoracic kyphosis (o)	11,0 ±7,4	11,0 ±6,7	0,97
Górna część kyfozy piersiowej (o) Upper thoracic kyphosis (o)	31,0 ±7,2	29,0 ±7,3	0,06

„-” zapisywano pomiar wskazujący na lordotyczne ustawienie badanego odcinka kręgosłupa

“-” was used to mark measurements that indicated lordosis of an examined spinal region

Tab. 4. Pozycja swobodna siedząca
Tab. 4. Free sitting position

Odcinek kręgosłupa Region of the spine	Inklinometr cyfrowy Saundersa Średnia± Saunders digital incli- nometer Mean±	Telefon komórkowy Średnia± Smartphone Mean±	p
Nachylenie krzyżowe (o) Sacral slope (o)	(-) 3,7 ±8,9	(-) 3,6 ±7,8	0,82
Lordoza lędźwiowa (o) Lumbar lordosis (o)	(-) 5,8 ±9,06	(-) 5,2 ±8,5	0,75
Kyfoza piersiowa (o) Thoracic kyphosis (o)	40,0 ±8,1	36,7 ±7,9	0,6
Dolna część kyfozy piersiowej (o) Lower thoracic kyphosis (o)	14,5 ±9,9	11,5 ±9,4	0,16
Górna część kyfozy piersiowej (o) Upper thoracic kyphosis (o)	25,8 ±7,1	24,9 ±7,1	0,6

„-” zapisywano pomiar wskazujący na lordotyczne ustawienie badanego odcinka kręgosłupa
“-” was used to mark measurements that indicated lordosis of an examined spinal region

Wyniki

Badanie pilotażowe

Poziom rzetelności pomiarów wykonanych za pomocą inklinometru Saundersa wynosił od 0,7 do 0,9 [15,16]. Błąd pomiaru zawierał się w przedziale 8,1°-11,4° (Tab. 2).

Analogiczną analizę przeprowadzono dla telefonu komórkowego wyposażonego w odpowiednią aplikację. Poziom rzetelności mieścił się w przedziale 0,6–0,9 [15,16], natomiast błąd pomiaru wynosił od 9,8° do 12,5° (Tab. 2).

Badanie właściwe

Analiza zgodności nie wykazała istotnych różnic ($p>0,05$) między wielkościami kątowymi poszczególnych odcinków kręgosłupa zmierzonych za pomocą obu narzędzi diagnostycznych. Brak różnic zaobserwowano zarówno w pozycji stojącej (Tab. 3) jak i siedzącej (Tab. 4).

Dyskusja

Celem przeprowadzonego badania była ocena zgodności pomiarów krzywizn strzałkowych kręgosłupa wykonanych za pomocą inklinometru cyfrowego Saundersa oraz aplikacji na telefon komórkowy „Scoliometer 1.1”.

Badanie nie wykazało istotnych różnic między pomiarami uzyskanymi za pomocą obydwu narzędzi. Skłania to do wnioskowania, iż telefon komórkowy może stanowić w praktyce klinicznej alternatywę dla specjalistycznego sprzętu pomiarowego wykorzystywanego do obiektywnej oceny wielkości kątowej krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej.

[15,16], whereas the measurement error ranged from 9.8° to 12.5° (tab. 2).

The main study

The consistency analysis did not reveal any significant differences ($p>0.05$) between angles in particular regions of the spine measured with both diagnostic tools. No differences were found either in a standing position (tab. 3) or in a sitting position (tab. 4).

Discussion

The aim of the study was to evaluate the consistency of measurements of sagittal spinal curvatures performed using the Saunders digital inclinometer and the Scoliometer 1.1 smartphone application.

The study did not reveal any significant differences between measurements made with both tools. It shows that in clinical practice a smartphone may serve as an alternative to specialist measuring equipment used for objective angle assessment of sagittal spinal curvatures.

According to the American Medical Association guidelines, which were developed in compliance with evidence-based medicine, any research tool to be implemented has to be controlled in terms of its reliability and measurement error [3,4,13,16]. Therefore, the present study was preceded by a pilot study which revealed high reliability of the measurements performed with the Saunders inclinometer (in the range of 0.7-0.9) [15,16]. The measurement error ranged from 8.1° to 11.4°. Measurements made with a smartphone were also highly reliable (0.6–0.9) [15,16] and the measurement error was

Zgodnie z wytycznymi American Medical Association, które zostały oparte o założenia medycyny opartej na dowodach naukowych, przed wykorzystaniem każdego narzędzia badawczego należy zwerfikować jego rzetelność oraz określić jego błąd pomiarowy [3,4,13,16]. W związku z tym, prezentowane badanie zostało poprzedzone badaniem pilotażowym, które wykazało rzetelność pomiarów wykonanych za pomocą inklinometru Saundersa w zakresie 0,7–0,9, co świadczy o jej dobrym poziomie [15,16]. Błąd pomiaru zawierał się natomiast w przedziale 8,1°–11,4°. Dla pomiarów wykonanych za pomocą telefonu komórkowego poziom rzetelności wynosił 0,6–0,9, co również świadczy o dobrym jego poziomie [15,16]. Błąd pomiaru dla telefonu komórkowego był podobny do błędu wyznaczonego dla inklinometru cyfrowego. Badanie pilotażowe wykazało zatem, że wykonane pomiary charakteryzowały się odpowiednią rzetelnością co dało podstawę do przeprowadzenia badań właściwych oraz wiarygodnego wnioskowania na ich podstawie.

Podstawowym zastosowaniem inklinometru jest ocena ustawienia i ruchomości kręgosłupa [17]. Jednak w piśmiennictwie można spotkać również prace, w których autorzy wykorzystują inklinometr cyfrowy Saundersa do funkcjonalnej oceny narządu ruchu [18–22].

Możliwości współczesnych telefonów komórkowych zdają się być nieograniczone. Jednym z przykładów ich zastosowania może być również ocena stanu narządu ruchu. Autorzy podobnych badań podają, że telefon komórkowy można wykorzystać do wiarygodnych, zgodnych ze specjalną poziomicą, pomiarów zakresu ruchów w stawie biodrowym [10].

Kolejnym przykładem wykorzystania telefonu komórkowego w diagnostyce narządu ruchu jest badanie Izatta, które wykazało zgodność pomiaru kąta rotacji tułowia przeprowadzonego za pomocą telefonu komórkowego oraz skoliometru Bunnella u osób ze skoliozą [9].

Salamh i współautorzy podają natomiast, że telefon komórkowy wyposażony w odpowiednią aplikację może być wykorzystywany do oceny wielkości lordozy lędźwiowej, ze względu na zgodność pomiarów wykonanych zarówno telefonem komórkowym jak i inklinometrem [11]. Należy jednak podkreślić, że autorzy ci ocenili tylko jedną krzywiznę kręgosłupa, podczas gdy w przedstawianej pracy oceniano nie tylko lordozę lędźwiową, ale i nachylenie krzyżowe oraz kifozę piersiową wraz z jej podziałem na górną i dolną część. W związku z powyższym prezentowana praca w sposób istotny uzupełnia aktualną wiedzę w zakresie weryfikacji wykorzystania telefonu komórkowego do oceny wielkości strzałkowych krzywizn kręgosłupa.

Wykorzystanie telefonów komórkowych typu smartphone w praktyce klinicznej może być tanim i szybkim sposobem zobiektywizowania prowadzonej

similar to the one observed for the digital inclinometer. Thus, proper reliability of the pilot study measurements allowed us to carry out the main study and draw solid conclusions.

The inclinometer is mainly used for assessing the position and mobility of the spine [17]. However, there are also studies whose authors have used the Saunders digital inclinometer to perform functional assessment of the musculoskeletal system [18–22].

Possibilities of using modern smartphones seem limitless. One example is a musculoskeletal system assessment. The authors of a similar study claim that a smartphone can be used to make reliable measurements of the hip joint ranges of motion consistent with examinations performed using a bubble inclinometer [10].

Another example of using a smartphone to examine the musculoskeletal system is the study conducted by Izatt. The study revealed that assessments of scoliotic patients' torso rotation angles performed with a smartphone and with the Bunnell Scoliometer produced similar results [9].

Salamh et al. reported that a smartphone with a proper application could be used to assess lumbar lordosis, as the results obtained during smartphone and inclinometer examinations were consistent [11]. However, it ought to be stressed that these authors evaluated one spinal curvature only, while the present study focused not only on lumbar lordosis but also on sacral slope and thoracic kyphosis (upper and lower part).

Therefore, this study makes a significant contribution to the knowledge regarding verification of a smartphone use in the assessment of sagittal curvatures of the spine.

Using smartphones in clinical practice may be a cheap and quick method of giving an objective diagnosis. Moreover, the fact that a number of authors found the results obtained with a smartphone and with commonly accepted diagnostic tools to be consistent may improve the validity of planning, conducting and controlling physiotherapeutic procedures in the musculoskeletal system dysfunctions.

Conclusions

1. The examination of spinal curvatures in the sagittal plane performed both with the use of the Saunders digital inclinometer and a smartphone allows researchers to obtain reliable results.

2. Smartphones with a proper application can be used for assessing spinal curvatures in daily clinical practice.

diagnostyki. Dodatkowo, udowodniona przez wielu autorów zgodność pomiarów uzyskanych za pomocą smartphona oraz uznanymi narzędziami diagnostycznymi może wpłynąć na poprawę wiarygodności planowania, realizacji oraz kontroli fizjoterapii prowadzonej w przebiegu dysfunkcji narządu ruchu.

Wnioski

1. Pomiarzy krzywizn strzałkowych kręgosłupa wykonane zarówno za pomocą inklinometru cyfrowego Saundersa oraz telefonu komórkowego typu smartphona pozwalają na uzyskanie zgodnych wyników.

2. Telefon komórkowy z odpowiednią aplikacją może być wykorzystywany w codziennej praktyce klinicznej do pomiaru krzywizn strzałkowych kręgosłupa.

Piśmiennictwo/References

1. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Muscles: testing and function with posture and pain*. 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams&Wilkins; 2005.
2. Czaprowski D, Pawłowska P, Gębicka A, Sitarski D, Kotwicki T. Powtarzalność, zgodność i rzetelność pomiaru krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa z wykorzystaniem inklinometru cyfrowego Saundersa. *Ortop Traumatol Rehab* 2012;2(6):145-53.
3. Mikołajewska E. Obiektywizacja wyników rehabilitacji – próba ujęcia kompleksowego. *Now Lek* 2011;80(4):305-11.
4. Czaprowski D, Kotwicki T, Durmała J, Stoliński Ł. Fizjoterapia oparta na dowodach naukowych - wyzwanie dla współczesnej fizjoterapii. *Prakt Fizjoter Rehabil* 2012;31:58-63.
5. Guyatt G. Praktyczne aspekty EBM. *Med Prakt* 2003;3:37-8.
6. Herbert R, Jamtvedt G, Hagen KB, Mead J. *Practical Evidence-Based Physiotherapy*. Edinburgh: Elsevier Butterworth Heinemann; 2005.
7. Andersson GBJ, Cocchiarella L. American Medical Association. *Guides to the Evaluation of Permanent Impairments*. 5th Ed. Chicago: American Medical Association; 2004.
8. Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, Lyons ML, Cosgrove CT, Hart JM, et al. Validation of an innovation method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. *J Shoulder Elb Surg* 2014;23(11):275-82.
9. Izatt MT, Bateman GR, Clayton JA. Evaluation of the iPhone with an acrylic sleeve versus the Scoliometer for rib hump measurement in scoliosis. *Scoliosis* 2012;7:14.
10. Charlton P, Mentiplay BF, Pua YH, Clark RK. Reliability and concurrent validity of a smartphone, bubble inclinometer and motion analysis system for measurement of hip joint range of motion. *J Sci Med Sport* 2015;18(3):262-7.
11. Salamh PA, Kolber M. The reliability, minimal detectable change and concurrent validity of a gravity-based bubble inclinometer and iPhone application for measuring standing lumbar lordosis. *Physiother Theory Pract* 2014;30(1):62-7.
12. Hakim A, Grahame R. Joint hypermobility. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2003;17(6):989-1004.
13. Kuźdżał M, Szczygieł A, Ćwirlej A. Porównanie parametrów krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej mierzonych metodą atropostereometryczną i inklinometryczną. *Post Rehab* 2004;18(4):10-4.
14. Czaprowski D, Pawłowska P, Stoliński Ł, Kotwicki T. Active self-correction of back posture in children instructed with 'straighten your back' command. *Manual Ther* 2014;19:392-8.
15. Koch, Gary G. Intraclass correlation coefficient. *Encyclopedia of Statistical Sciences* 4. New York: In Samuel Kotz and Norman L. Johnson; 1982.
16. Watała C. *Biostatystyka – wykorzystanie metod statystycznych w pracy badawczej i naukach biomedycznych*. Bielsko-Biała: Wyd. α-medica Press; 2002.
17. Jędrzychowski W. *Zasady planowania i prowadzenia badań naukowych w medycynie*. Kraków: Wyd. Uniwersytet Jagielloński; 2004.
18. *Cyfrowy Pochyłomierz Saundersa. Instrukcja obsługi*. Gliwice: Technomex, Sp.z O. O.
19. Walicka-Cupryś K, Puszczałowska-Lizis E, Maziarski K. Kształtowanie się przednio-tylnych krzywizn kręgosłupa u uczniów klas gimnazjalnych i licealnych. *Rehabil Med* 2008;12(4):19-27.
20. Hawrylak A, Barczyk K, Gienza C, Wójtowicz D, Brodziński M. Ukształtowanie krzywizn przednio-tylnych oraz ruchomość kręgosłupa studentów Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. *Pol J Sport Med* 2008;24(4):240-46.
21. Łukowicz M, Zalewski P, Weber-Zimmermann M, Pieczyk K, Ciechanowska K. Ocena skuteczności jonoforezy z diklofenakiem w zespołach bólowych odcinka L-S kręgosłupa. *Baln Pol* 2008;2:125-33.
22. Kuszewski M, Saulicz E, Knapik A, Gnat R, Ryngier P. Czy uprawianie sportu może być czynnikiem zmniejszającym ryzyko wystąpienia funkcjonalnych skróceń mięśni kulszowo-goleniowych u młodzieży? *Probl Hig Epidemiol* 2008;89(1):47-50.