

# Powtarzalność, zgodność i rzetelność pomiaru krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa z wykorzystaniem inklinometru cyfrowego Saundersa

## Intra- and Interobserver Repeatability of the Assessment of Anteroposterior Curvatures of the Spine Using Saunders Digital Inclinometer

Dariusz Czaprowski<sup>1,2(A,B,D,E,F)</sup>, Paulina Pawłowska<sup>1(B,C,D)</sup>, Anna Gębicka<sup>1(B)</sup>,  
Dominik Sitarski<sup>1(B)</sup>, Tomasz Kotwicki<sup>3(D,E)</sup>

<sup>1</sup> Olsztyńska Szkoła Wyższa im. Józefa Rusieckiego

<sup>2</sup> Rehasport Clinic, Poznań

<sup>3</sup> Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej, Uniwersytet Medyczny, Poznań

<sup>1</sup> Physiotherapy Department, Józef Rusiecki University College, Olsztyn

<sup>2</sup> Rehasport Clinic, Poznań

<sup>3</sup> Department of Paediatric Orthopaedics and Traumatology of the Poznań University of Medical Sciences, Poznań, Poland

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Zgodnie z wymogami Medycyny Opartej na Dowodach Naukowych każde narzędzie oraz metoda badawcza powinny zostać poddane ocenie wiarygodności. W praktyce klinicznej do oceny strzałkowych krzywizn kręgosłupa wykorzystuje się różne inklinometry. Celem badań była ocena powtarzalności oraz zgodności pomiarów krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa prowadzonych z wykorzystaniem inklinometru cyfrowego Saundersa.

**Materiał i metody.** Badaniem objęto 30 zdrowych osób (5 mężczyzn, 25 kobiet) w wieku 20-35 lat. U wszystkich dokonano pomiaru krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa, wykorzystując inklinometr cyfrowy Saundersa. W celu określenia powtarzalności pomiarów porównano wyniki uzyskane przez jednego badacza, dla oceny zgodności porównano wyniki uzyskane przez trzech badaczy. Dodatkowo, wyznaczono poziom rzetelności oraz błędu pomiarowego.

**Wyniki.** Pomiary przeprowadzone przez jednego badacza charakteryzowały się dobrą powtarzalnością w zakresie oceny kąta nachylenia kości krzyżowej, kątów lordozy lędźwiowej oraz kifozy piersiowej, w tym kąta mierzonego dla części proksymalnej (Th1-Th6) i dystalnej (Th6-Th12) ( $p > 0,05$ ). W przypadku pomiarów wykonanych przez trzech badaczy zgodność uzyskano dla parametrów charakteryzujących kifozę piersiową ( $p > 0,05$ ). Przeprowadzone pomiary charakteryzowały się dobrą rzetelnością ( $0,9 > \alpha \geq 0,8$ ), błąd pomiarowy mieścił się w przedziale  $2,8^\circ - 3,8^\circ$ .

**Wnioski.** 1. Ocena krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa przez jednego badacza daje możliwość uzyskania dobrej powtarzalności i rzetelności pomiarów. 2. Pomiary wykonane przez więcej niż jednego badacza cechuje częściowa zgodność. 3. Użytkowana wielkość błędu pomiarowego powinna być brana pod uwagę przy interpretowaniu wyników pomiarów inklinometrem Saundersa. 4. Ocena krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa powinna być poprzedzona weryfikacją wiarygodności pomiarów.

**Słowa kluczowe:** krzywizny kręgosłupa, inklinometria, rzetelność, powtarzalność.

### SUMMARY

**Background.** According to the requirements of Evidence Based Medicine, every research tool and method should be subjected to reliability evaluation. A variety of inclinometers are used for the assessment of sagittal plane spinal curvatures in clinical practice. The aim of the study was to evaluate the intra- and interobserver repeatability of measurements of the anterior-posterior spinal curvatures taken with Saunders digital inclinometer.

**Material and methods.** The study involved 30 healthy subjects (5 males, 25 females) aged 20 to 35 years. The anteroposterior curvatures of the spine were measured in all subjects using a Saunders digital inclinometer. In order to evaluate the intraobserver repeatability of measurements, the results obtained by one investigator were compared. To evaluate interobserver repeatability, the results obtained by three investigators were compared. Additionally, the levels of reliability and measurement error were determined.

**Results.** The measurements conducted by one investigator showed good repeatability for sacral slope, lumbar lordosis, and thoracic kyphosis, including the angle of proximal (Th1-Th6) and distal (Th6-Th12) thoracic kyphosis ( $p > 0,05$ ). For measurements taken by three investigators, interobserver repeatability was achieved for thoracic kyphosis ( $p > 0,05$ ). The reliability of the measurements was good (Cronbach's alpha was  $0,9 > \alpha \geq 0,8$ ), and the measurement error was between  $2,8^\circ - 3,8^\circ$ .

**Conclusions.** 1. The assessment of anteroposterior curvatures of the spine by one investigator provided good repeatability and reliability of measurements. 2. Measurements performed by more than one investigator displayed partial repeatability. 3. The value of the observational error should be taken into account in the interpretation of results of measurements performed with the Saunders inclinometer. 4. The assessment of anteroposterior curvatures of the spine should be preceded by a verification of measurement reliability.

**Key words:** spine curvatures, inclinometry, reliability, repeatability

## WSTĘP

Jedną z trzech głównych funkcji kręgosłupa jest funkcja podporowa, obok funkcji ruchowej oraz ochronnej dla rdzenia kręgowego. W realizacji tego zadania istotną rolę odgrywają fizjologiczne krzywizny przednio-tylne, których prawidłowy wymiar istotnie zwiększa wytrzymałość kręgosłupa [1,2,3]. Prawidłowe krzywizny kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej zapewniają właściwą amortyzację czaszki oraz fizjologiczną ruchomość jego segmentów ruchowych. Ukształtowanie kifozy piersiowej ma kluczowe znaczenie dla właściwej ruchomości klatki piersiowej, a w konsekwencji dla sprawności układu krążeniowo-oddechowego [4]. Pełni ona także ważną rolę w stabilizacji rotacyjnej kręgosłupa [1]. Kształt lordozy lędźwiowej związany jest z odpowiednim rozkładem sił ścinających i kompresyjnych oraz zabezpieczeniem kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego przed przeciążeniem [5].

Wśród dzieci często obserwuje się odchylenia w kształcie kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej prowadzące do nieprawidłowych typów postawy ciała: postawy kyfotycznej, lordotycznej czy też pleców płaskich [6]. Pogłębienie lub zmniejszenie fizjologicznych strzałkowych krzywizn kręgosłupa obserwuje się także w przebiegu choroby Scheuermanna [7,8]. W tym przypadku zjawisku pogłębionej kifozy w jednej części kręgosłupa piersiowego towarzyszy kompensacyjne jej zmniejszenie powyżej chorobowo zmienionego miejsca oraz pogłębienie lordozy lędźwiowej ze zwiększeniem kąta przodopochylenia miednicy [7]. Różnicowanie choroby Scheuermanna z plecami okrągłymi występującymi w ramach wadliwej postawy ciała polega m.in. na stwierdzeniu lokalnego, a nie harmonijnego pogłębienia kifozy [7]. Dlatego w celach diagnostycznych przeprowadza się pomiar kąta kifozy piersiowej w poszczególnych jej częściach – górnej (proksymalnej) i dolnej (dystalnej) [3].

Cechą charakterystyczną skoliozy idiopatycznej jest zmniejszenie kifozy piersiowej lub/i lordozy lędźwiowej [8]. W piśmiennictwie można się nawet spotkać z określeniem „rotacyjna lordoza” dla podkreślenia roli patologicznego przodowygięcia kręgosłupa, które przechodzi w skrzywienie boczne pod wpływem rotacji kręgów [3]. Zmiany te dotyczą głównie dolnej części kręgosłupa piersiowego [3]. Dlatego obecnie rekomenduje się pomiar kąta kifozy piersiowej z wyodrebnieniem jej górnej oraz dolnej części [3,4,8].

W praktyce klinicznej i naukowej do oceny układu ruchu, w tym także krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa, coraz powszechniej wykorzystuje się inklinometr cyfrowy Saundersa [2,9]. Zgodnie z wy-

## BACKGROUND

One of the main three functions of the spine, apart from allowing for movement and providing protection for the spinal cord, is to provide structural support. For that function, the physiological anteroposterior curvatures of the spine are of key importance. Their proper dimensions significantly increase the strength of the spine [1,2,3]. Properly developed spinal curvatures in the sagittal plane ensure appropriate shock protection for the skull and physiological mobility of the motion segments of the spine. The shape of the thoracic kyphosis is crucial for proper chest mobility, and consequently for the functioning of the circulatory and respiratory systems [4]. It is also important in rotational stabilisation of the spine [1]. The shape of lumbar lordosis is related to appropriate distribution of shearing and compression forces and to the protection of the lumbosacral spine against overload [5].

Children often display deviations in the shape of the spine in the sagittal plane, which leads to incorrect postures: kyphotic, lordotic, and flat back [6]. Increased or decreased physiological curvatures of the spine in the sagittal plane are also observed in Scheuermann's disease [7,8]. In this case, increased kyphosis in one section of the thoracic spine is accompanied by a compensatory decrease in kyphosis above the affected area, and by increased lumbar lordosis with increased pelvic tilt [7]. The difference between Scheuermann's disease and postural round back deformity can be found, among others, in a local, rather than harmonious, increase in kyphosis [7]. Therefore, for diagnostic purposes, the angle of thoracic kyphosis is measured in its two parts: upper (proximal) and lower (distal) [3].

Idiopathic scoliosis is characterized by decreased thoracic kyphosis and/or lumbar lordosis [8]. Moreover, the term “rotational lordosis” is also used in the literature to emphasize the significance of a pathological inward curvature of the spine, which transforms into scoliosis as a result of vertebral rotation [3]. These processes are mainly seen in the lower part of the thoracic spine [3]. Therefore, it is currently recommended that the angle of thoracic kyphosis be measured separately for its upper and lower part [3,4,8].

The Saunders digital inclinometer is becoming an increasingly popular tool for assessing the musculoskeletal system, including the anteroposterior curvatures of the spine, in both clinical practice and research [2,9]. In line with the requirements of Evidence Based Medicine, each tool and research method used in the diagnostic and therapeutic process should be evaluated for reliability. The aim of the study was to evaluate the intra- and interobserver repeatability of

mogami Medycyny Opartej na Dowodach Naukowych (ang. Evidence Based Medicine) każde narzędzie oraz metoda badawcza, stosowane w procesie diagnostyczno-terapeutycznym powinny zostać poddane ocenie pod kątem ich wiarygodności. Celem niniejszych badań była ocena powtarzalności oraz zgodności pomiarów krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej prowadzonych z wykorzystaniem inklinometru cyfrowego Saundersa.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniem objęto 30 zdrowych osób (w tym 5 mężczyzn i 25 kobiet) w wieku 20-35 lat (średnia 23,0 ±3,4). Podstawowe parametry grupy badanej znajdują się w Tabeli 1. Kryteriami włączenia do badania były zebrane podczas wywiadu informacje dotyczące: (1) braku dolegliwości bólowych kręgosłupa w ostatnim roku, (2) braku urazów oraz zabiegów chirurgicznych w obrębie układu ruchu w ostatnim roku, oraz (3) braku schorzeń o podłożu neurologicznym.

Badanie przeprowadzono w swobodnej pozycji stojącej, bez obuwia. Kończyny dolne były wyprostowane w stawach kolanowych, stopy ustawione na szerokość bioder, kończyny górne znajdowały się w swobodnej pozycji. U wszystkich badanych dokonano pomiaru krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa z wykorzystaniem inklinometru cyfrowego Saundersa (Baseline Digital Inclinometer, The Saunders Group Inc, Chaska, MN, USA). Pomiarzy zostały przeprowadzone zgodnie z wytycznymi opracowanymi przez producenta na bazie wskazówek American Medical Association [10,11]. W celu określenia kąta nachylenia kości krzyżowej, dokonywano wyzerowania czytnika inklinometru w pozycji horyzontalnej, następnie przykładano go do określonego palpacyjnie przejścia lędźwiowo-krzyżowego (punkt LS). Pomiar kąta lordozy lędźwiowej rozpoczynał się od wyzerowania czytnika inklinometru w punkcie LS, po czym przykładano go do określonego palpacyjnie punktu leżącego na przejściu kręgosłupa piersiowego w lędźwiowy (punkt ThL). Kąt kifozy piersiowej wyznaczono po wyzerowaniu inklinometru w punkcie ThL oraz odczytaniu jego wskazania w punkcie leżącym na przejściu kręgosłupa piersiowego w szyjny (punkt CTh). Dodatkowo określono wielkość dolnej oraz górnej kifozy piersiowej. W celu oceny pierw-

measurements of the anteroposterior spinal curvatures taken with the Saunders digital inclinometer.

## MATERIAL AND METHODS

The study included 30 healthy subjects (5 males, 25 females) 20 to 35 years old (mean 23.0 ±3.4). The basic parameters of the study group are given in Table 1. The inclusion criteria consisted of the following information confirmed during history taking: (1) no back pain within the past year, (2) no history of musculoskeletal injuries or musculoskeletal surgery within the past year, and (3) no neurological disorders.

The measurements were performed with subjects in a spontaneous standing position, shoeless. Their lower extremities were extended at the knee, with the feet hip-width apart, and upper extremities were in a spontaneous position. The anteroposterior curvatures of the spine were measured in all subjects with a Saunders digital inclinometer (Baseline Digital Inclinometer, The Saunders Group Inc, Chaska, MN, USA). The measurements were conducted according to the manufacturer's instructions based on the guidelines of the American Medical Association [10,11]. To assess the angle of the sacral slope, the inclinometer reader was reset in the horizontal position and then placed on the lumbosacral junction found by palpation (LS point). The measurement of the lumbar lordosis angle began by resetting the inclinometer reader at the LS point, after which it was applied to a palpated point on the thoracolumbar junction (ThL point). The angle of thoracic kyphosis was determined after the inclinometer was reset at the ThL point, and the reading was taken at the cervicothoracic junction (CTh point). Additionally, the size of the upper and lower thoracic kyphosis was determined. To assess the former, the inclinometer was reset at the ThL point and the reading was taken at the Th6-7 motion segment. Next, after resetting the inclinometer reader at this level, it was placed at the CTh point and the

Tab. 1. Parametry grupy badanej (n=30)

Tab. 1. Parameters of the study group (n=30)

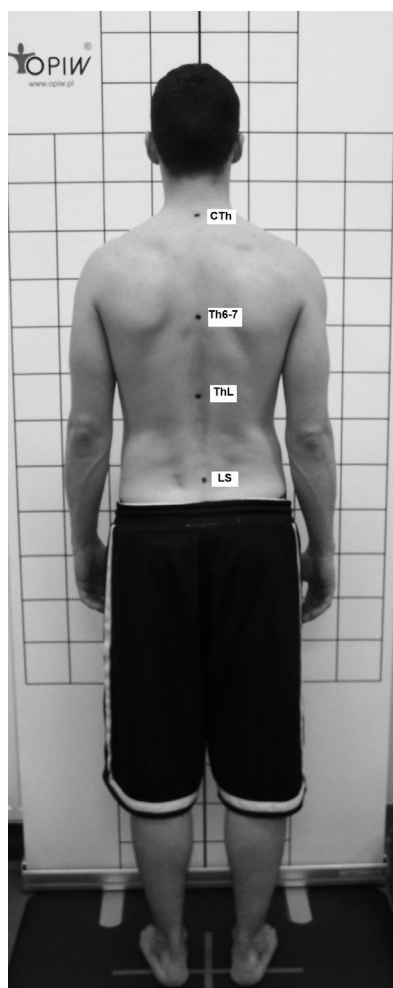
	Średnia/Mean	Minimum	Maksimum	SD
Wiek (lata)/ Age (years)	23,0	20,0	35,0	3,4
Wysokość ciała (m)/ Height (m)	1,69	1,58	1,8	0,06
Masa ciała (kg)/ Weight (kg)	61,9	46,0	88,0	9,0
BMI (kg m <sup>-2</sup> )	21,4	18,4	29,7	2,4

szej z nich, inklinometr był zerowany w punkcie ThL, po czym odczyt przeprowadzano na wysokości segmentu ruchowego Th6-7. Następnie po wyzerowaniu czytnika inklinometru na tym poziomie przykładano go do punktu CTh i odczytywano wielkość górnej kifozy piersiowej. Każdy z pomiarów przeprowadzany był trzykrotnie. Do analizy przyjmowano uśrednioną wielkość z trzech pomiarów. Rycina 1 przedstawia lokalizację poszczególnych punktów pomiarowych.

W celu określenia powtarzalności metody (zgodność wewnątrzgrupowa) jeden z autorów (Badacz I) dokonał u każdego badanego, dwukrotnego, w odstępie tygodniowym, badania krzywizn strzałkowych kręgosłupa zgodnie z procedurą opisaną powyżej. Aby określić zgodność metody (zgodność zewnątrzgrupową) porównano wyniki uzyskane przez Badacza I z wynikami uzyskanymi przez Badacza II i III. Pomiary były wykonywane tego samego dnia. Prze-

size of the proximal kyphosis was taken. Every measurement was performed three times. Average values of the three measurements was used for the analysis. Figure 1 shows the locations of all measuring points.

In order to determine the intraobserver repeatability of the method, one of the authors (Investigator I) performed a measurement of sagittal plane spinal curvatures in every subject twice, one week apart, in line with the methodology defined above. To determine interobserver repeatability, the results obtained by Investigator I were compared to the results obtained by Investigators II and III. The measurements were taken on the same day. The people present in the room, apart from the subject, were one of the three investigators taking the measurements and a person recording the results (Investigator IV). Only Investigator IV knew the results of all measurements. He was also responsible for the statistical analysis.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych. LS – przejście lędźwiowo-krzyżowe, ThL – punkt leżący na przejściu kręgosłupa piersiowego w lędźwiowy, Th6-7 – punkt na wysokości segmentu ruchowego Th6-7, CTh – punkt leżący na przejściu kręgosłupa piersiowego w szyjny

Fig. 1. Location of the measurement points. LS – lumbosacral crossing point, ThL – crossing point between thoracic and lumbar spine, Th6-7 – point located at the level of the motion segment Th6-7, CTh – crossing point between thoracic and cervical spine

prowadzano je w pomieszczeniu, w którym przebywał w tym samym czasie badany, jeden z trzech badaczy przeprowadzających pomiary oraz osoba dokonującą ich zapisu (Badacz IV). Jedynie Badacz IV znał wyniki wszystkich prowadzonych pomiarów. On też dokonał analizy statystycznej. Pozostali badacze zostali poinformowani o uzyskanych wynikach po zakończeniu analizy statystycznej. Badacz I miał 5-letnie doświadczenie w posługiwaniu się inklinometrem Saundersa, Badacz II – roczne, natomiast Badacz III – 2-miesięczne. Między badaczami występowała także różnica w zakresie stażu pracy. Badacz I miał ponad 10-letnie doświadczenie jako fizjoterapeuta, natomiast Badacz II i III – roczne. Metodyka oceny powtarzalności oraz zgodności była zgodna z zaproponowanym w piśmiennictwie [12,13]. Dodatkowo wyznaczono poziom rzetelności przeprowadzonych pomiarów oraz wielkość błędów pomiarowych towarzyszących pomiarom wykonanym przez Badacza I [14,15].

Przed rozpoczęciem badania każdy z badanych zapoznał się z protokołem badania oraz wyraził pisemną zgodę na udział w nim. Na przeprowadzenie badania uzyskano także zgodę lokalnej komisji etycznej.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica 7.1 (StatSoft, Polska). Ocenę zgodności rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym przeprowadzono testem Shapiro-Wilka. W dalszej analizie w celu określenia powtarzalności metody posłużono się testem t-Studenta. Dla oceny zgodności wykorzystano test ANOVA Friedmana oraz analizę post hoc. W celu oceny rzetelności przeprowadzonych pomiarów posłużono się analizą Alfa-Cronbacha [14]. Dodatkowo wyznaczono, zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Hopkinsa wielkość błędu pomiarowego (ang. measurement error) [15]. Jako poziom istotności przyjęto wielkość  $\alpha < 0,05$ .

## WYNIKI

Przeprowadzona analiza wykazała brak istotnej statystycznie ( $p > 0,05$ ) różnicy między wynikami uzyskanymi dla wszystkich odcinków kręgosłupa podczas pierwszego i drugiego pomiaru przeprowadzonych przez Badacza I (Tabela 2).

Analiza statystyczna wykazała brak istotnej różnicy między badaczami w zakresie pomiarów wielkości całej kifozy piersiowej ( $p = 0,37$ ) oraz jej górnej ( $p = 0,67$ ) i dolnej części ( $p = 0,26$ ). Wykazano natomiast znamienne różnicę między pomiarami dotyczącymi lordozy lędźwiowej ( $p = 0,02$ ) oraz nachylenia krzyżowego ( $p = 0,0006$ ) (Tabela 3).

Przeprowadzone pomiary charakteryzowały się dobrą rzetelnością. Współczynnik Alfa Cronbacha wy-

The other investigators were informed about the results after the statistical analysis had been completed. Investigator I had five years of experience in using the Saunders digital inclinometer, compared to one year in the case of Investigator II, and two months in the case of Investigator III. The investigators also differed in terms of their overall work experience. Investigator I had over 10 years of experience as a physiotherapist, while Investigator II and III had only one year of experience each. The methodology for evaluating intra- and interobserver repeatability conformed to the methods suggested in the literature [12, 13]. Additionally, the level of measurement reliability was determined, together with the magnitude of measurement error related to measurements taken by Investigator I [14,15].

Before participating in the study, each subject had been informed about the study protocol and had given written informed consent to participate. The local Bioethics Commission gave its approval for the study.

The results were interpreted using Statistica 7.1 software (StatSoft, Poland). The Shapiro-Wilk test for normality was used to assess the distribution of the data. To assess intraobserver repeatability of the method, Student's t-test was used in further analysis. Interobserver repeatability was evaluated using Friedman's ANOVA test and post hoc analysis. Cronbach's alpha analysis served to assess the reliability of measurements [14]. In addition, following the methodology proposed by Hopkins [15], measurement error was determined. The significance level was set at  $\alpha < 0.05$ .

## RESULTS

The analysis revealed no statistically significant ( $p > 0.05$ ) differences between the results obtained for all parts of the spine during the first and second measurement taken by Investigator I (see Table 2).

Statistical analysis did not reveal any significant difference between the Investigators as regards the measurements of the entire thoracic kyphosis ( $p = 0.37$ ) and of its upper ( $p = 0.67$ ) and lower ( $p = 0.26$ ) part. However, a significant difference was revealed as regards the measurements of lumbar lordosis ( $p = 0.02$ ) and sacral slope ( $p = 0.0006$ ) (see Table 3).

The measurements displayed good reliability. Cronbach's alpha coefficient was: (1) 0.85 for sacral slope; (2) 0.87 for lumbar lordosis angle; (3) 0.83 for

Tab. 2. Średnie, odchylenia standardowe oraz poziom istotności różnic dla poszczególnych pomiarów przeprowadzonych przez Badacza I  
 Tab. 2. Means, standard deviations and level of significance of the differences for each measurements made by Investigator I

	Pomiar 1/ Measurement 1	Pomiar 2/ Measurement 2	p
	Średnia (SD)/Mean (SD)	Średnia (SD)/Mean (SD)	
Nachylenie krzyżowe (°)/ Sacral tilt (°)	20,6 (5,9)	19,6 (5,9)	0,28
Kąt lordozy lędźwiowej (°)/ Angle of lumbar lordosis (°)	34,3 (8,0)	32,7 (7,5)	0,65
Kąt kifozy piersiowej (°)/ Angle of thoracic kyphosis (°)	45,1 (8,7)	45,4 (8,0)	0,74
Kąt dolnej kifozy piersiowej (°)/ Angle of distal thoracic kyphosis (°)	9,8 (5,9)	9,6 (4,5)	0,75
Kąt górnej kifozy piersiowej (°)/ Angle of proximal thoracic kyphosis (°)	34,9 (7,3)	35,5 (5,9)	0,47

Tab. 3. Średnie, odchylenie standardowe (SD) oraz poziom istotności różnic między wielkościami pomiarów uzyskanych przez Badacza I, II oraz III

	Badacz I/ Investigator I	Badacz II/ Investigator II	Badacz III/ Investigator III	p	Post hoc
	Średnia (SD)/ Mean (SD)	Średnia (SD)/ Mean (SD)	Średnia (SD)/ Mean (SD)		
Nachylenie krzyżowe (°)/ Sacral tilt (°)	20,6 (5,9)	17,7 (5,0)	16,5 (6,6)	0,0006	Badacz I > Badacz II Investigator I > Investigator II
Lordoza lędźwiowa (°)/ Angle of lumbar lordosis (°)	34,3 (8,0)	30,3 (8,0)	30,5 (8,0)	0,02	Badacz I > Badacz III Investigator I > Investigator III
Kifoza piersiowa (°)/ Angle of thoracic kyphosis (°)	45,1 (8,7)	44,7 (6,8)	45,0 (9,2)	0,37	-
Dolna kifoza piersiowa (°)/ Angle of distal thoracic kyphosis (°)	9,8 (5,9)	8,6 (5,0)	9,2 (5,8)	0,26	-
Górna kifoza piersiowa (°)/ Angle of proximal thoracic kyphosis (°)	34,9 (7,3)	36,2 (5,6)	36,2 (5,6)	0,67	-

Wytłuszczeniem zaznaczono różnice istotne statystycznie

nosił dla pomiarów: (1) nachylenia krzyżowego 0,85; (2) kąta lordozy lędźwiowej 0,87; (3) kąta kifozy piersiowej 0,83; (4) kąta dolnej kifozy piersiowej 0,82; oraz (5) kąta górnej kifozy piersiowej 0,86.

Wielkość błędu pomiarowego związanego z pomiarami przeprowadzonymi przez Badacza I w przypadku nachylenia krzyżowego wynosiła 3,3°. Dla kąta lordozy lędźwiowej błąd ten wyniósł 3,2°; dla całej kifozy piersiowej 3,8°; dla górnej jej części 3,3°; natomiast dla dolnej kifozy piersiowej 2,8°.

## DYSKUSJA

Jednym z podstawowych badań wykorzystywanym w diagnostyce układu ruchu jest ocena wielkości krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa [2,5,6,7,9]. Zainteresowanie to wynika z ich istotnej roli w utrzymaniu właściwej statyki ciała, wpływie na parametry kinematyczne oraz sprawność krążeniowo-oddechową [1,3,5,8].

W diagnostyce krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej wykorzystuje się wiele technik oraz narzędzi badawczych [2,7,9,16,17,18,19]. Za podstawowe, ze względu na precyzję oraz udokumentowaną rzetelność uważa się badanie radiologiczne [3,7].

thoracic kyphosis angle; (4) 0.82 for lower thoracic kyphosis angle; and (5) 0.86 for upper thoracic kyphosis angle.

The measurement error in the case of measurements performed by Investigator I was calculated at 3.3° for sacral slope, 3.2° for the angle of lumbar lordosis, 3.8° for the entire thoracic kyphosis, and 3.3° and 2.8° for upper and lower thoracic kyphosis, respectively.

## DISCUSSION

One of the main examination methods used in the diagnosis of musculoskeletal conditions is the evaluation of the anteroposterior spinal curvatures [2,5,6,7,9]. It can be attributed to their crucial role in maintaining proper body statics, their influence on kinematic parameters and on circulatory and respiratory function [1,3,5,8].

A number of techniques and research tools are used in the diagnostic work-up of the spinal curvatures in the sagittal plane [2,7,9,16,17,18,19]. Radiographic studies are considered the first-line examination due to their precision and proven reliability,

Badanie to wiąże się jednak z napromieniowaniem badanego [12,20]. Biorąc pod uwagę niewątpliwe zalety badania radiologicznego poszukuje się metod umożliwiających nieinwazyjną, obiektywną ocenę układu ruchu. Wśród nich można wymienić m.in. fotogrametrię, fotorejestrację czy też badania prowadzone z wykorzystaniem różnego rodzaju inklinometrów [2,9,16-19]. Inklinometria przyjmuje analogiczne założenia geometryczne jak powszechnie stosowana metoda Cobba. Jej istotą jest wyznaczenie kąta pochylenia obszarów objętych pomiarem w stosunku do osi pionowej [2].

Wiarygodne badania, płynące z nich wyniki i dowody naukowe są podstawą efektywnej i bezpiecznej praktyki klinicznej, tworzącej główny filar Evidence Based Medicine (EBM) – Medycyny Opartej na Dowodach Naukowych [21]. Pierwszy krok do EBM to obiektywizacja prowadzonych obserwacji, drugi to zastosowanie wiarygodnych narzędzi i metod [21-23]. Zgodnie z obowiązującą praktyką naukową wymaga się aby przed przystąpieniem do badań poddać ocenie poziom powtarzalności dokonywanych pomiarów [21]. Celem jest określenie jakości pomiaru i interpretacji danych oraz ewentualnej poprawy w zakresie tych procedur. Kluczowe jest przeprowadzenie oceny powtarzalności (zgodność wewnątrzgrupowa, ang. intra-observer agreement) jak i zgodności (zgodność zewnątrzgrupowa, ang. inter-observer agreement) prowadzonych pomiarów. Pierwsza z nich dotyczy powtarzalności prowadzonych pomiarów przez tego samego badacza, druga związana jest z brakiem istotnych różnic między wynikami pomiarów przeprowadzonych przez dwóch lub większą liczbę badaczy. Ma to znaczenie praktyczne, bowiem w warunkach klinicznych często zdarza się prowadzenie badań kontrolnych przez osobę inną niż ta, która prowadziła pierwsze badanie [13,21,22,24].

Inklinometr znajduje zastosowanie do oceny nie tylko krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa, ale do funkcjonalnej analizy układu ruchu [25-29]. Walicka-Cupryś i wsp. wykorzystali inklinometr do oceny krzywizn przednio-tylnych u osób w wieku 13-19 lat [25]. Hawrylak i wsp. z kolei, za pomocą inklinometru Saundersa dokonali oceny ruchomości odcinka lędźwiowego kręgosłupa u młodych dorosłych [26]. Łukowicz i wsp. wykorzystując to narzędzie dokonali oceny ruchomości kręgosłupa u dorosłych pacjentów z dolegliwościami bólowymi odcinka lędźwiowo-krzyżowego [27]. Kuszewski i wsp. wykorzystali inklinometr do oceny elastyczności grupy tylnej mięśni ud u dzieci w wieku 13-14 lat [28]. W polskim piśmiennictwie brakuje natomiast prac, które podawałyby wielkość błędu pomiaru oraz jego rzetelność, powtarzalność i zgodność.

[3,7]. However, this modality is associated with exposure to radiation [12,20]. Given the undeniable advantages of radiography, other methods are sought to allow for non-invasive and objective evaluation of the musculoskeletal system. These methods include photogrammetry, photorecording, and the use of various inclinometers [2,9,16-19]. Inclinometry adopts similar geometric assumptions as the commonly used Cobb method. It focuses on determining the inclination angle of the measurement areas in relation to the vertical axis [2].

Reliable research methodology and results and scientific evidence are the foundations of effective and safe clinical practice, the mainstay of Evidence Based Medicine (EBM) [21]. The first step towards EBM consists in ensuring objective observational data, followed by the use of reliable tools and methods [21-23]. According to current research practice, the level of measurement repeatability must be evaluated before beginning the measurements [21], in order to assess the quality of measurements and data interpretation, and to correct the relevant procedures, if necessary. It is of key importance to verify repeatability (intraobserver repeatability) and agreement (interobserver agreement) of the measurements. The former concept concerns the repeatability of measurements by one investigator, and the latter is related to the lack of significant differences between the results of measurements taken by two or more investigators. There is a practical meaning to it, because it often happens in clinical practice that follow-up tests are performed by someone other than the person who conducted the baseline examination [13,21,22,24].

The inclinometer is used not only to assess the anteroposterior curvatures of the spine, but also to perform a functional analysis of the musculoskeletal system [25-29]. Walicka-Cupryś et al. used the inclinometer to assess anterior-posterior curvatures of the spine in subjects aged 13-19 years [25]. For Hawrylak et al. the inclinometer was a tool to assess lumbar spine mobility in young adults [26]. Łukowicz et al. used the tool to assess spinal mobility in adult patients with lumbosacral pain [27]. Kuszewski et al. used the inclinometer to assess the hamstring flexibility in subjects aged 13-14 years [28]. However, there is a paucity of Polish publications which include the magnitude of measurement error, its reliability, and intra- and interobserver repeatability.

The study demonstrated that good repeatability was obtained in the case of measurements performed by one researcher with several years of experience in using the Saunders inclinometer. The measurements conducted by three investigators with different levels of experience showed good agreement with regard to

Przeprowadzone badanie wykazało, że w przypadku pomiarów wykonanych przez jednego badacza, mającego kilkuletnie doświadczenie w posługiwaniu się inklinometrem Saundersa uzyskano dobrą powtarzalność pomiarów. Pomiarzy przeprowadzone przez trzech badaczy, o różnym poziomie doświadczenia, charakteryzowały się dobrą zgodnością pomiaru kifozy piersiowej. Nie uzyskano natomiast zgodności w zakresie pomiarów nachylenia kości krzyżowej oraz kąta lordozy lędźwiowej. Wskazuje to na konieczność przeprowadzania oceny zgodności prowadzonych pomiarów, przed wykorzystaniem inklinometru Saundersa w celach diagnostycznych oraz dla weryfikacji postępowania terapeutycznego, w przypadku wykonywania pomiarów przez więcej niż jednego badacza.

Według Blanda i Altmana przeprowadzony pomiar można uznać za rzetelny w stopniu doskonałym przy wielkości współczynnika Alfa Cronbacha ( $\alpha$ )  $\geq 0,9$  [14]. Współczynnik mieszczący się w przedziale:  $0,9 > \alpha \geq 0,8$  oznacza rzetelność na poziomie dobrym;  $0,8 > \alpha \geq 0,7$  akceptowalnym;  $0,7 > \alpha \geq 0,6$  kwestionowalnym;  $0,6 > \alpha \geq 0,5$  słabym, natomiast  $\alpha < 0,5$  nieakceptowalnym. Wszystkie przeprowadzone dla potrzeb niniejszej pracy pomiary można uznać za rzetelne w stopniu dobrym (współczynnik  $\alpha$  mieścił się w przedziale: 0,82-0,87). Wyznaczony dla Badacza I błąd pomiarowy wynosił, w zależności od ocenianej części kręgosłupa od  $2,8^\circ$  do  $3,8^\circ$ . Jego nieznaczną wielkość wydaje się być satysfakcjonująca. Niemniej jednak wykorzystując pomiar krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa w celach zarówno diagnostycznych, jak i weryfikujących postępowanie terapeutyczne należy brać pod uwagę możliwość zaistnienia takiego błędu.

## WNIOSKI

1. Pomiar krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa przez jednego, doświadczonego badacza daje dobrą powtarzalność prowadzonych pomiarów i charakteryzuje się dobrą rzetelnością.
2. Zgodność pomiarów lordozy lędźwiowej i nachylenia kości krzyżowej prowadzonych przez trzech badaczy, o różnym poziomie doświadczenia w posługiwaniu się inklinometrem Saundersa, była niezadawalająca.
3. Wielkość błędu pomiarowego, który towarzyszy pomiarowi krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa inklinometrem Saundersa (od  $2,8^\circ$  do  $3,8^\circ$ ) powinna być brana pod uwagę przy interpretacji wyników.
4. Pomiary krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa prowadzone w celach diagnostycznych oraz weryfikujących postępowanie terapeutyczne powinny być poprzedzone oceną wiarygodności używanej metody pomiarowej.

thoracic kyphosis measurements. Interobserver agreement was not seen in the case of measurements of the sacral slope and the angle of lumbar lordosis. This shows that, when measurements are taken by more than one investigator, it is necessary to evaluate the agreement of measurements before using the Saunders inclinometer for diagnostic purposes and for the verification of treatment outcomes.

According to Bland and Altman, a measurement may be considered perfectly reliable when Cronbach's alpha coefficient is ( $\alpha$ )  $\geq 0.9$  [14]. For the following values of the coefficient:  $0.9 > \alpha \geq 0.8$ , reliability is good; for  $0.8 > \alpha \geq 0.7$  reliability is acceptable; for  $0.7 > \alpha \geq 0.6$  reliability is questionable; for  $0.6 > \alpha \geq 0.5$  reliability is poor; and if  $\alpha < 0.5$  reliability is unacceptable. The reliability of all measurements conducted for the purposes of this paper may be considered good (the  $\alpha$  coefficient was between 0.82 and 0.87). The range of measurement error determined for Investigator I was  $2.8^\circ$ - $3.8^\circ$ , depending on the part of the spine. Its low value seems satisfactory. However, the possibility of a measurement error should be taken into account when the measurement of anteroposterior curvatures of the spine is used for diagnostic purposes and for the verification of therapeutic outcomes.

## CONCLUSIONS

1. The measurement of the anteroposterior curvatures of the spine by one experienced investigator provides good repeatability of measurements and displays good reliability.
2. The interobserver agreement between measurements of lumbar lordosis and sacral slope conducted by three investigators with different levels of experience in using the Saunders inclinometer was not satisfactory.
3. The value of measurement error during the measurement of the anteroposterior curvatures of the spine with the Saunders inclinometer ( $2.8^\circ$ - $3.8^\circ$ ) should be taken into account when interpreting measurement results.
4. Measurements of the anteroposterior curvatures of the spine conducted for diagnostic purposes and for therapeutic verification should be preceded by reliability evaluation of the measuring method.



## PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Tylman D. Patomechanika bocznych skrzywień kręgosłupa. Warszawa: Severus; 1995.
2. Kuźdżał A, Szczygieł A, Ćwirlej A. Porównanie parametrów krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej mierzonych metodą antropostereometryczną i inklinometryczną. *Postępy Rehabil* 2004;18(4):10-14.
3. Głowacki M, Kotwicki T, Pucher A. Skrzywienie kręgosłupa. W: Marciniak W, Szulc A, editors. *Wiktora Degi Ortopedia i Rehabilitacja*. Warszawa: PZWL; 2003.str. 68-110.
4. Winter RB, Lovell WW, Moe JH. Excessive thoracic lordosis and loss of pulmonary function in patients with idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg* 1975; 57-A: 972–977.
5. Adams M, Bogduk N, Burton K, Dolan P. *Biomechanika bólu kręgosłupa*. Warszawa: DB Publishing; 2010.
6. 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.
7. Senger A, Kotwicki T. Choroba Scheuermanna. W: Marciniak W, Szulc A, editors. *Wiktora Degi Ortopedia i Rehabilitacja*. Warszawa: PZWL; 2003. str. 112-118.
8. Weinstein SL. *The pediatric spine. Principles and practice*. New York: Raven Press; 1994.
9. Knapik A, Saulicz E, Plinta R, Miętkiewicz-Cieply E. Wpływ systematycznej aktywności ruchowej na sprawność funkcjonalną kręgosłupa – na podstawie trójpłaszczyznowego pomiaru zakresu gibkości. *Ann Acad Med Silesien* 2005;59(6): 476-480.
10. Cyfrowy Pochyłomierz Saundersa. Instrukcja obsługi. Technomex, Sp.z O.O. Gliwice.
11. Andersson GBJ, Cocchiarella L. *American Medical Association. Guides to the Evaluation of Permanent Impairments*. 5th ed. Chicago: American Medical Association; 2004.
12. Kotwicki T, Frydryk K, Lorkowska M, Krawczyński A, Szulc A. Powtarzalność i zgodność pomiaru rotacji tułowia skoliometrem Bunnella u dzieci ze skoliozą idiopatyczną. *Fizjot Pol* 2006;6:111-116.
13. Czaprowski D, Afeltowicz-Mich A, Kolwicz A. Rzetelność, powtarzalność i zgodność pomiaru współczynnika wyprostno-zgięciowego z wykorzystaniem powierzchniowego EMG – doniesienie wstępne. *Ortop Traumatol Rehabil* 2010;12:26-27 (Suppl 1).
14. Bland JM, Altman DG. *Statistics notes: Cronbach's alpha*. *BMJ* 1997;314:572.
15. Hopkins WG. *Measures of reliability in sports medicine and science*. *Sports Med*. 2000;30(4):1-25.
16. Chowańska J, Kotwicki T, Krzyżaniak A, Szulc A. Warunki i możliwości stosowania topografii powierzchni ciała do wykrywania skrzywień kręgosłupa u dzieci i młodzieży. *Probl Hig Epidemiol* 2009;90(1):1-5.
17. Durmala J, Detko E, Krawczyk K. Values of thoracic kyphosis and lumbar lordosis in adolescents from Czestochowa. *Scoliosis* 2009; 4 (Suppl 1).
18. Barczyk K, Zawadzka D, Hawrylak A, Bocheńska A, Skolimowska B, Małachowska-Sobieska M. Wpływ ćwiczeń korekcyjnych w środowisku wodnym na kształt krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa i stan funkcjonalny narządu ruchu dzieci ze skoliozą I°. *Ortop Traumatol Rehabil* 2009;11(3):209-221.
19. Nowotny J, Nowotny-Czupryna O, Brzęk A, Kowalczyk A, Czupryna K. Postawa ciała a zespoły bólowe kręgosłupa. *Ortop Traumatol Rehabil* 2011;13(1):59-71.
20. Czaprowski D, Stoliński Ł, Białek M. Zmiana kąta rotacji tułowia u dzieci i młodzieży ze skoliozami idiopatycznymi poddanych intensywnej fizjoterapii prowadzonej w oparciu o koncepcję FITS – Funkcjonalną Intensywną Terapię Skolioz. *Postępy Rehabil* 2011;3:13–18.
21. Guyatt G. *Praktyczne aspekty EBM*. *Medycyna Praktyczna* 2003;3:37-38.
22. Jędrzychowski W. *Zasady planowania i prowadzenia badań naukowych w medycynie*. Kraków: Uniwersytet Jagielloński; 2004.
23. Watała C. *Biostatystyka – wykorzystanie metod statystycznych w pracy badawczej i naukach biomedycznych*. Bielsko-Biała: α-medica press; 2002.
24. McGinley JL, Baker R, Wolfe R, Morris ME. The reliability of three-dimensional kinematic gait measurements: A systematic review. *Gait Posture* 2009;29:360-369.
25. Walicka-Cupryś K, Puszczalowska-Lizis E, Maziarz K. Kształtowanie się przednio-tylnych krzywizn kręgosłupa u uczniów klas gimnazjalnych i licealnych. *Rehabil Med*. 2008;12(4):19-27.
26. Hawrylak A, Barczyk K, Gienza C, Wójtowicz D, Brodziński M. Ukształtowanie krzywizn przednio-tylnych oraz ruchomość kręgosłupa studentów akademii wychowania fizycznego we Wrocławiu. *Polish Journal of Sports Medicine* 2008;24(4):240-246.
27. Łukowicz M, Zalewski P, Weber-Zimmermann M, Piecyk K, Ciechanowska K. Ocena skuteczności fonoforezy z diklofenakiem w zespołach bólowych odcinka L-S kręgosłupa. *Balneologia Polska* 2008; L, 2: 125-133.
28. 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.
29. Boyd BS. Measurement properties of a hand-held inclinometer during straight leg raise neurodynamic testing. *Physiotherapy [published online]* 06.june 2011, doi: 10.1016/j.physio.2011.04.352.

Liczba słów/Word count: 5205

Tabele/Tables: 3

Ryciny/Figures: 1

Piśmiennictwo/References: 29

*Adres do korespondencji / Address for correspondence**dr Dariusz Czaprowski**Olsztyńska Szkoła Węższa im. Józefa Rusieckiego, Wydział Fizjoterapii  
10-243 Olsztyn, ul. Bydgoska 33, tel/fax: 89 5260400 w.142, e-mail: dariusz.czaprowski@interia.pl**Otrzymano / Received**18.02.2012 r.**Zaakceptowano / Accepted**23.04.2012 r.*