

# Porównanie parametrów krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej mierzonych metodą fotogrametryczną i metodą inklinometryczną

## Comparison of Parameters of Spinal Curves in the Sagittal Plane Measured by Photogrammetry and Incliniometry

Katarzyna Walicka-Cupryś<sup>(A,B,C,D,E,F,G)</sup>, Justyna Drzał-Grabiec<sup>(B,C,D,E,F,G)</sup>,  
Mirosław Mrozkowiak<sup>(D,E,F)</sup>

<sup>1</sup> Instytut Fizjoterapii Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, Polska

<sup>2</sup> Szczecińska Szkoła Wyższa Collegium Balticum, Szczecin, Polska

<sup>1</sup> Institute of Physiotherapy, University of Rzeszów, Poland

<sup>2</sup> Collegium Balticum College, Szczecin, Poland

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Metoda fotogrametryczna oraz pomiary inklinometryczne są często stosowanymi sposobami oceny przednio-tylnych krzywizn kręgosłupa. Metody te wykorzystywane są do prowadzenia badań klinicznych, jak i przesiewowych. Celem pracy jest porównanie parametrów opisujących krzywizny przednio-tylne kręgosłupa w pomiarze metodą fotogrametryczną i inklinometryczną.

**Material i metody.** Do badań włączono 341 dzieci (169 dziewczynek i 172 chłopców) w wieku 4-9 lat ze szkół podstawowych i przedszkoli gminy Rzeszów. U każdego z badanych wykonano pomiar krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa metodą inklinometryczną oraz metodą fotogrametryczną.

**Wyniki.** W porównaniu kąta  $\alpha$  w badaniu inklinometrycznym i fotogrametrycznym wykazano różnice istotne statystycznie w teście t-Studenta ( $p=0,017$ ) oraz Fishera Snedecora ( $p=0,0001$ ). Podobnie w przypadku kąta  $\beta$ , gdzie test t-Studenta ( $p=0,0001$ ) oraz Fishera Snedecora ( $p=0,007$ ) wykazuje istotne różnice w pomiarze kąta obiema metodami. W przypadku kąta  $\gamma$  wykazano różnice pomiędzy pomiarami w teście t-Studenta ( $p=0,0001$ ), natomiast różnic istotnych statystycznie nie wykazano w teście Fishera Snedecora ( $p=0,22$ ).

**Wnioski.** 1. Pomiar nachylenia poszczególnych odcinków kręgosłupa wykonany metodą fotogrametryczną i inklinometryczną na tej samej grupie wykazuje różnice istotne statystycznie. 2. Pomiary wykonane metodą fotogrametryczną i inklinometryczną nie mogą być porównywane pomiędzy sobą. 3. Badania nad zgodnością pomiarów krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa z wykorzystaniem dostępnej aparatury pomiarowej wymagają poszerzenia i kontynuacji.

**Słowa kluczowe:** postawa ciała, metoda fotogrametryczna, inklinometr

### SUMMARY

**Background.** The photogrammetric method and inclinometer-based measurements are commonly employed to assess the anteroposterior curvatures of the spine. These methods are used both in clinical trials and for screening purposes. The aim of the study was to compare the parameters used to characterise the anteroposterior spinal curvatures as measured by photogrammetry and inclinometry.

**Material and methods.** The study enrolled 341 subjects: 169 girls and 172 boys, aged 4 to 9 years, from kindergartens and primary schools in Rzeszów. The anteroposterior spinal curvatures were examined by photogrammetry and with a mechanical inclinometer.

**Results.** There were significant differences in the  $\alpha$  angle between the inclinometric and photogrammetric assessment in the Student t test ( $p=0.017$ ) and the Fisher Snedecor test ( $p=0.0001$ ), with similar differences in the  $\beta$  angle (Student's t  $p=0.0001$ , Fisher Snedecor  $p=0.007$ ). For the  $\gamma$  angle, significant differences were revealed with Student's t test ( $p=0.0001$ ), but not with the Fisher Snedecor test ( $p=0.22$ ).

**Conclusions.** 1. Measurements of inclination of particular segments of the spine obtained with the photogrammetric method and the inclinometric method in the same study group revealed statistically significant differences. 2. The results of measurements obtained by photogrammetry and inclinometry are not comparable. 3. Further research on agreement between measurements of the anteroposterior spinal curvatures obtained using the available measurement equipment is recommended.

**Key words:** body posture, photogrammetry, inclinometer

## WSTĘP

W ocenie parametrów charakteryzujących krzywizny przednio-tylne kręgosłupa wykorzystuje się wiele subiektywnych i obiektywnych metod pomiarowych. Wszystkie te metody różnią się stopniem inwazyjności, dokładnością pomiaru, powtarzalnością lub rzetelnością. Jednak zgodność pomiarów wykonywanych różnymi metodami nie jest dotychczas potwierdzona w badaniach naukowych [1-3].

Istotnymi czynnikami w wyborze metody są dostępność, możliwość wykorzystania w badaniach przesiewowych oraz koszt prowadzenia badań. Badania kliniczne wymagają stosowania drogiej i skomplikowanej aparatury badawczej. W przypadku badań przesiewowych aparatura pomiarowa powinna być prosta, tania i przenośna, gdyż tego typu badanie najefektywniej jest przeprowadzać w miejscach, w których badana grupa przebywa, np. w szkołach, przedszkolach – stąd prowadzenie badań oceniających rzetelność i zgodność pomiarów różnymi metodami [1].

Wśród metod stosowanych w ocenie postawy ciała znajdują się m.in. metoda fotogrametryczna oraz metoda inklinometryczna. Metoda fotogrametryczna wymaga drogiego sprzętu, natomiast metoda inklinometryczna jest niedroga i prosta w użyciu. Metody te wykorzystywane są do prowadzenia zarówno badań klinicznych, jak i przesiewowych. Pomimo zasadniczych różnic w technice wykonywania pomiarów, obydwie metody wykorzystują podobne wskaźniki reprezentujące geometrię kręgosłupa, co może dawać możliwość przeprowadzenia analizy porównawczej wyników badań uzyskanych niezależnie w różnych ośrodkach. W przypadku wykazania braku różnic w pomiarach obydwoma metodami, badanie fotogrametryczne można byłoby zastąpić prostym i niedrogim badaniem inklinometrycznym.

Celem pracy jest porównanie zgodności pomiarów kątów nachylenia odcinka krzyżowo-lędźwiowego, lędźwiowo-piersiowego oraz piersiowego górnego w badaniu inklinometrycznym i fotogrametrycznym, poprzez porównanie wariancji oraz średnich z pomiarów na tej samej grupie badanych.

## MATERIAŁ I METODY

Do badań włączono 341 dzieci (169 dziewczynek i 172 chłopców) w wieku 4-9 lat ze szkół podstawowych i przedszkoli gminy Rzeszów, których dyrektorzy i rodzice wyrazili pisemną zgodę na wykonanie badania oraz wykorzystanie wyników do badań naukowych. Na wykonanie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej.

U każdego z badanych wykonano pomiar krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa inklinometrem mecha-

## BACKGROUND

Numerous subjective and objective measurement methods are used to assess parameters that characterise the anteroposterior spinal curvatures of the spine. These methods differ in terms of the degree of invasiveness, measurement accuracy, repeatability and reliability. However, agreement between measurements obtained with different methods is yet to be confirmed in research [1,2,3].

Significant factors in method selection are availability, possibilities for use in screening and examination-related costs. Clinical studies require expensive and complicated equipment. The measuring equipment for screening purposes should be uncomplicated, inexpensive and portable because screening can be most effectively conducted in places where the subject spend time such as schools or kindergartens; hence, there are studies assessing reliability and agreement between measurements obtained with different methods [1].

Methods used to evaluate body posture include the photogrammetric method and inclinometer-based measurements. Photogrammetry requires expensive equipment, whereas inclinometry is inexpensive and easy to use. These methods are used both in clinical studies and for screening purposes. Despite principal differences in measurement technique, both methods use similar parameters to represent spinal geometry, which may permit a comparative analysis of study results obtained independently in different centres. If no differences are demonstrated between measurements using both methods, the photogrammetric examination can be replaced with simple and inexpensive inclinometric measurements.

The aim of the study was to compare the degree of agreement between measurements of the lumbosacral, thoracolumbar and upper thoracic inclination angles obtained with inclinometry and photogrammetry by comparing variances and means of measurements taken in the same study group.

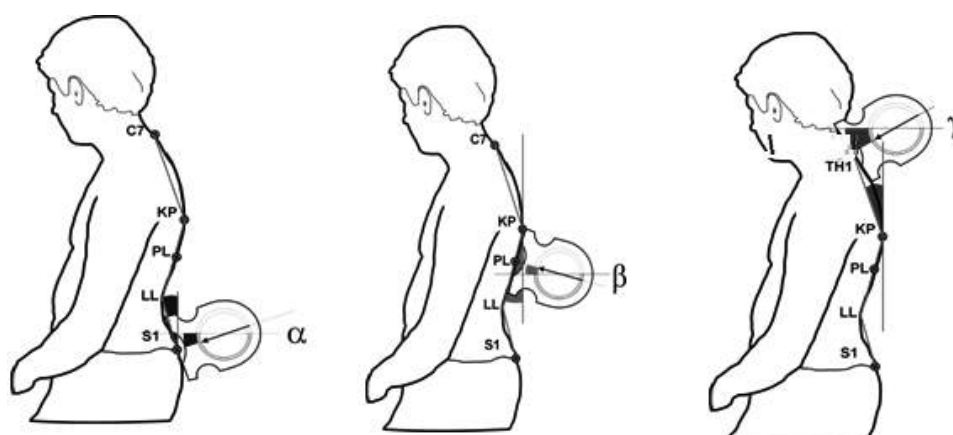
## MATERIAL AND METHODS

The study enrolled 341 children: 169 girls and 172 boys, aged 4 to 9 years, from kindergartens and primary schools in Rzeszów Municipality, whose headmasters and parents had given written informed consent to conduct the study and use the results for research purposes. The relevant Ethical Review Board approved the study.

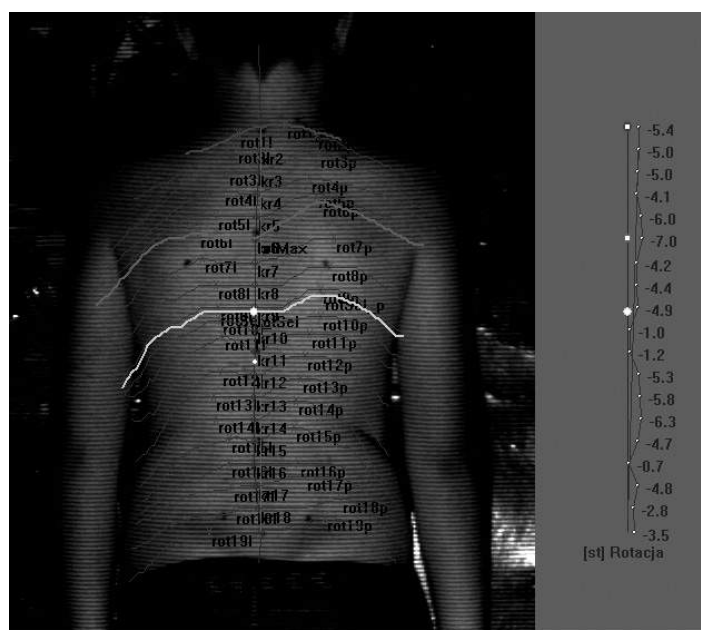
In each subject, the anteroposterior spinal curvatures were examined with a Baseline (IM) Mecha-

nicznym „Baseline” (IM) (Ryc. 1) oraz metodą fotogrametryczną. Do oceny postawy ciała metodą fotogrametryczną wykorzystano aparaturę firmy CQ Elektronik System [4,5] (Ryc. 2). Badania wykonywano bezpośrednio po sobie, zgodnie z ogólnie przyjętą metodyką badania podawaną przez producentów. W pierwszej kolejności wykonano badanie fotogrametryczne pleców w pozycji habitualnej. Przed wykonaniem badania, na plecach pacjenta oznaczono charakterystyczne punkty antropometryczne potrzebne do opracowania badania, następnie pacjenta ustawiono tyłem do kamery w odległości 2,6 metra i wykonano badanie fotogrametryczne. Analiza fotografów została przeprowadzona bez obecności bada-

cal Inclinometer (Fig. 1) and with the photogrammetric method. A CQ Elektronik System device [4,5] was used for the photogrammetric evaluation (Fig. 2). The examinations were carried out in immediate succession, and the examination techniques were in line with the generally accepted methodological guidelines provided by the respective manufacturers. A photogrammetric examination of the back in the habitual position was performed first. Before commencing the examination, characteristic anthropometric points necessary for processing of the findings were marked on the patient's back. Then, the patient was positioned with their back to the camera 2.6 meters away from it and the photogrammetric



Ryc. 1. Sposób wyznaczania badanych parametrów w metodzie inklometrycznej  
 Fig. 1. Technique for determining test parameters with the inclinometric method



Ryc. 2. Plecy pacjenta z mapą warstwicową  
 Fig. 2. The back of a test subject with a contour map

nego. Następnie wykonano pomiar inklinometrem mechanicznym. W przypadku pomiaru kąta  $\alpha$  środek inklinometru umieszczono na punkcie pośrodkowym kości krzyżowej. Przy pomiarze kąta  $\beta$  ten punkt to przestrzeń międzykręgową Th<sub>12</sub>-L<sub>1</sub> (przejście piersiowo-lędźwiowe) a w przypadku kąta  $\gamma$  przestrzeń międzykręgową C<sub>7</sub>-Th<sub>1</sub> (Ryc. 1).

Do analizy (w przypadku obu metod) wykorzystano następujące parametry:

- Kąt ALFA – nachylenie odcinka lędźwiowo-krzyżowego
- Kąt BETA – nachylenie odcinka piersiowo-lędźwiowego
- Kąt GAMMA – nachylenie odcinka piersiowego-górnego.

Na podstawie wielkości kątów  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  wylicza się kąt lordozy lędźwiowej (KLL) i kąt kifozy piersiowej (KKP):

- $KLL = 180 - (ALFA + BETA)$
- $KKP = 180 - (BETA + GAMMA)$ ,

a następnie współczynnik kompensacji (MI), który służy do określania typów postawy ciała w płaszczyźnie strzałkowej wg Wolańskiego w modyfikacji Zeyland-Malawki [6], gdzie  $MI = KKP - KLL$ .

### Metody statystyczne

Analiza statystyczna zebranego materiału polegała na porównaniu wartości kątów  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  w badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznym. Analizowane wartości dotyczyły tej samej grupy, zatem do analizy statystycznej zastosowano testy dla zmiennych zależnych.

Dobór odpowiedniego testu zależał od spełnienia poszczególnych jego założeń. Aby zweryfikować czy analizowana zmienna ma rozkład normalny, użyto testu Kołmogorowa-Smirnowa dla jednej próby. Sprawdzone także, czy wariancje w porównywanych wynikach za pomocą odmiennych narzędzi są do siebie podobne. W tym celu zastosowano test F – test Fishera-Snedecora.

Po weryfikacji założeń zdecydowano się na zastosowanie w analizie parametrycznego testu sprawdzającego średnie z dwóch pomiarów na tej samej grupie obserwacji – testu t-Studenta dla zmiennych zależnych. Za poziom istotności statystycznej przyjęto  $p < 0,05$ .

### WYNIKI

Porównanie kąta  $\alpha$  w badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznym wykazało istotne statystycznie różnice w średnich wartościach pomiarów równe 1,6. Wartość pomiaru w badaniu inklinometrycznym wahała się w granicach od 0 do 34 i wyniosła śred-

nie. Następnie wykonano pomiar inklinometrem mechanicznym. W przypadku pomiaru kąta  $\alpha$  środek inklinometru umieszczono na punkcie pośrodkowym kości krzyżowej. Przy pomiarze kąta  $\beta$  ten punkt to przestrzeń międzykręgową Th<sub>12</sub>-L<sub>1</sub> (przejście piersiowo-lędźwiowe) a w przypadku kąta  $\gamma$  przestrzeń międzykręgową C<sub>7</sub>-Th<sub>1</sub> (Ryc. 1).

Do analizy (w przypadku obu metod) wykorzystano następujące parametry:

- Kąt ALFA – nachylenie odcinka lędźwiowo-krzyżowego
- Kąt BETA – nachylenie odcinka piersiowo-lędźwiowego
- Kąt GAMMA – nachylenie odcinka piersiowego-górnego.

Na podstawie wielkości kątów  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  wylicza się kąt lordozy lędźwiowej (KLL) i kąt kifozy piersiowej (KKP):

- $KLL = 180 - (ALFA + BETA)$
- $KKP = 180 - (BETA + GAMMA)$ ,

a następnie współczynnik kompensacji (MI), który służy do określania typów postawy ciała w płaszczyźnie strzałkowej wg Wolańskiego w modyfikacji Zeyland-Malawki [6], gdzie  $MI = KKP - KLL$ .

### Statistical design

The statistical analysis of the data involved comparing the values of the  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  angles in the photogrammetric and inclinometric measurements. As the values concerned the same study group, the statistical analysis utilised tests for dependent variables.

The selection of an appropriate test depended on whether particular assumptions of the test could be met. The one-sample Kolmogorov-Smirnov test was used to assess normality of the distribution of a variable. Also, the similarity of variances in data obtained with different tools was verified with Fisher-Snedecor's F test.

Following verification of the assumptions, Student's parametric t test for dependent variables was selected for the analysis. It verifies the means of two measurements in the same group. The statistical significance level was set at  $p < 0.05$ .

### RESULTS

The comparison of  $\alpha$  angle values obtained in the photogrammetric and inclinometric measurements revealed a statistically significant difference in means of 1.6. The angle values in the inclinometric examination ranged from 0 to 34, with a mean value of

nio  $14,5 \pm 5,5$ , natomiast wartość pomiaru w badaniu fotogrametrycznym obejmowała wyniki od 0 do 67,8 i wyniosła średnio  $12,9 \pm 12$ .

Analizowane wariancje okazały się niejednorodne w teście F równym 4,7 z  $p=0,0001$ . Wartość testu t-Studenta dla niejednorodnych wariancji (tzw. test Cochra i Coxa) wyniosła  $t=2,4$  i była istotna statystycznie z  $p=0,017$  (Tabela 1).

Podobnie, porównanie kąta  $\beta$  w badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznym wykazało istotne statystycznie różnice w średnich wartościach pomiarów równe 6. Wartość pomiaru w badaniu inklinometrycznym wahała się w granicach od 0 do 30 i wyniosła średnio  $14,3 \pm 5,0$ , natomiast wartość pomiaru w badaniu fotogrametrycznym obejmowała wyniki od 0 do 28,9 i wyniosła średnio  $8,3 \pm 5,8$ .

Analizowane wariancje okazały się niejednorodne w teście F równym 1,3 z  $p=0,007$ . Wartość testu t-Studenta dla niejednorodnych wariancji (test Co-

$14,5 \pm 5,5$ , whereas the photogrammetric examination produced values of 0-67.8 with a mean of  $12,9 \pm 12$ .

The variances demonstrated heterogeneity in the Fisher-Snedecor test, where the F statistic amounted to 4.7 at  $p=0.0001$ . The value of Student's t-test for heterogeneous variances (known as the Cochran and Cox test) was  $t=2.4$  and was statistically significant at  $p=0.017$  (Table 1).

Similarly, the comparison of the  $\beta$  angle values in the photogrammetric and inclinometric measurements revealed a statistically significant difference in means of 6. The value of the inclinometer-based measurement ranged from 0 to 30, with a mean value of  $14,3 \pm 5,0$ , whereas the value of the angle obtained in the photogrammetric examination varied between 0 and 28.9, with a mean value of  $8,3 \pm 5,8$ .

The variances showed heterogeneity in the Fisher-Snedecor test, where the F statistic amounted to 1.3 with  $p=0.007$ . The statistic of Student's t-test for

Tab. 1. Porównanie kąta  $\alpha$  badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznym

Tab. 1. Comparison of  $\alpha$  angle values obtained with photogrammetry and inclinometry

Miara statystyczna Statistical measure	Inklinometr Inclinometer	Metoda fotogrametryczna Photogrammetric method
Średnia wartość cechy (kąta) Mean value of parameter (angle)	14,5	12,9
Odchylenie standardowe Standard deviation	5,5	12
Minimum Minimum value	0	0
Maksimum Maximum value	34	67,8
t-Studenta $p < 0,017$ Student's t-test $p < 0,017$		<b>2,4</b>
Test Fishera Snedecora $p < 0,0001$ Fisher-Snedecor test $p < 0,0001$		<b>4,7</b>

Tab. 2. Porównanie kąta  $\beta$  w badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznym

Tab. 2. Comparison of  $\beta$  angle values obtained with photogrammetry and inclinometry

Miara statystyczna Statistical measure	Inklinometr Inclinometer	Metoda fotogrametryczna Photogrammetric method
Średnia wartość cechy (kąta) Mean value of parameter (angle)	14,3	8,3
Odchylenie standardowe Standard deviation	5,0	5,8
Minimum Minimum value	0	0
Maksimum Maximum value	30	28,9
t-Studenta $p < 0,0001$ Student's t-test $p < 0,0001$		<b>14,6</b>
Test Fishera Snedecora $p < 0,007$ Fisher-Snedecor test $p < 0,007$		<b>1,3</b>

Tab. 3. Porównanie kąta  $\gamma$  w badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznymTab. 3. Comparison of  $\gamma$  angle values obtained with photogrammetry and inclinometry

Miara statystyczna Statistical measure	Inklinometr Inclinometer	Metoda fotogrametryczna Photogrammetric method
Średnia wartość cechy (kąta) Mean value of parameter (angle)	24,6	10,8
Odchylenie standardowe Standard deviation	6,3	5,9
Minimum Minimum value	8	0
Maksimum Maximum value	44	26,4
t-Studenta p<0,0001 Student's t-test p<0,0001		32,3
Test Fishera Snedecora p<0,22 Fisher-Snedecor test p<0,22		1,14

chrana i Coxa) wyniosła  $t=14,6$  i była istotna statystycznie z  $p=0,0001$  (Tabela 2).

Porównanie kąta  $\gamma$  w badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznym ukazało istotne statystycznie różnice w średnich wartościach pomiarów równe 13,8. Wartość pomiaru w badaniu inklinometrycznym wahała się w granicach od 8 do 44 i wyniosła średnio  $24,6\pm 6,3$ , natomiast wartość pomiaru w badaniu fotogrametrycznym obejmowała wyniki od 0 do 26,4 i wyniosła średnio  $10,8\pm 5,9$ .

Analizowane wariancje okazały jednorodne w teście F równym 1,14 z  $p=0,22$ . Wartość testu t-Studenta wyniosła  $t=32,3$  i była istotna statystycznie z  $p=0,0001$  (Tabela 3).

## DYSKUSJA

Wyniki badań własnych pokazują istotne zróżnicowanie w parametrach opisujących krzywizny przednio-tylne kręgosłupa w zależności od przyjętej metody. W badaniu fotogrametrycznym i inklinometrycznym tych samych pacjentów uzyskano rozbieżne wyniki w wartościach parametrów określających nachylenie poszczególnych odcinków kręgosłupa. Ponadto wyniki w obrębie jednej metody wykazują duże zróżnicowanie, co spowodowane jest zróżnicowaniem grupy badanej.

Zarówno fotogrametria, jak i badanie inklinometryczne mają swoje niedoskonałości, które mogą w sposób istotny wpływać na wyniki badania. W jednym, jak i w drugim badaniu zachodzi problem w wyznaczeniu punktów antropometrycznych koniecznych do wykonania pomiaru, błąd ten szacuje się na  $\pm 5$  mm. Kolejnym ważnym czynnikiem jest dokładność osoby badającej. W badaniu inklinometrycz-

heterogeneous variances (the Cochran and Cox test) was  $t=14.6$  and was statistically significant at  $p=0.0001$  (Table 2).

The comparison of the  $\gamma$  angle values obtained with photogrammetry and inclinometry revealed a statistically significant difference in means of 13.8. The value of the inclinometer-based measurement ranged from 8 to 44, with a mean value of  $24.6\pm 6.3$ , whereas the value of the angle in the photogrammetric examination varied between 0 and 26.4, with a mean value of  $10.8\pm 5.9$ .

The variances demonstrated heterogeneity in the Fisher-Snedecor test, where the F statistic amounted to 1.14 at  $p=0.22$ . The value of Student's t-test was  $t=32.3$  and was statistically significant at  $p=0.0001$  (Table 3).

## DISCUSSION

The present study demonstrated significant differences in the parameters that are used to describe the anteroposterior spinal curvatures depending on the measurement method employed. A photogrammetric and inclinometric examination in the same study group demonstrated different values of the parameters characterising the inclination of particular spinal segments. The results obtained with a particular method were also considerably diversified as a result of diversification within the study group.

Neither photogrammetry nor inclinometry are free from disadvantages which may affect the results of the study. In both methods, marking the anthropometric points necessary for taking measurements may be a problem, with an estimated error of  $\pm 5$  mm. Another important factor is accuracy of the investigator. In the inclinometric measurement, accuracy involves appropriate calibration of the device and

nym staranność ta polega na prawidłowej kalibracji urządzenia oraz odpowiednim przyłożeniu narzędzia. W badaniu fotogrametrycznym istotne jest wyziomowanie urządzenia za pomocą znajdujących się na kamerze poziomic, o czym niestety zdarza się zapominać badaczom. Kolejnym możliwym błędem jest błąd pozycjonowania na monitorze punktów charakterystycznych, który zależy od doświadczenia operatora, rozdzielczości ekranu w poszczególnych płaszczyznach, wielkości plamki świetlnej oraz kontrastu zaznaczonych punktów. W badaniu z zastosowaniem inklinometru mechanicznego może dochodzić do błędu granicznego, w jego skład wchodzi takie składniki jak: niepewność związana ze zjawiskiem paralaksy oraz występowanie menisku cieczy w rurce pomiarowej  $\pm 2^\circ$ . Wymienione przyczyny oraz wiele innych, które również mogą zdarzyć się w trakcie badania, powodują rozbieżność w pomiarach tych samych parametrów omawianymi metodami.

W dotychczasowych badaniach autorzy wielokrotnie porównywali różnego rodzaju metody oceny postawy ciała. Jak dotąd wśród tych badań nie pojawiły się doniesienia dotyczących jednocześnie badania fotogrametrycznego i inklinometrycznego. W badaniach Kuźdżała i wsp. z wykorzystaniem aparatury Metrecom System i metody inklinometrycznej 30 dzieci obojga płci w wieku 12 lat nie stwierdzono istotnych różnic w pomiarach kąta kifozy piersiowej i kąta lordozy lędźwiowej pomiędzy dwiema metodami [7]. W badaniach Saad i wsp. porównujących wartość kąta Cobba w badaniu fotogrametrycznym i rentgenowskim wykazano zbieżność otrzymanych wyników [8]. Kolejnym potwierdzeniem zgodności badania fotogrametrycznego z badaniem rentgenowskim jest praca tego samego zespołu autorów porównująca kąt kifozy piersiowej i kąt lordozy lędźwiowej w obydwu badaniach [9]. Podobne badania przeprowadził Leroux i Zabijek, u 124 pacjentów porównywano wyniki pomiaru kifozy piersiowej i lordozy lędźwiowej metodą radiologiczną i fotogrametryczną. Uzyskane wyniki wskazują na ich wysoką korelację; dla kifozy piersiowej współczynnik korelacji wynosił 0.89, natomiast dla lordozy lędźwiowej był nieco niższy i wynosił 0.84 [10]. Van Maanen i wsp. [11] i Iunes i wsp. [12] potwierdzają rzetelność fotogrametrii jako metody oceny postawy ciała, a Braun i Amundson [13] oceniają fotogrametrię jako dobrą metodę oceny postawy ciała.

Według American Society for Photogrammetry and Remote Sensing [14], fotogrametria jest nauką uzyskiwania wiarygodnej informacji o kształcie przedmiotów i ciał, które mogą być mierzone i interpretowane. Jedną z zalet fotogrametrii jest możliwość rejestrowania nawet niewielkich zmian i odchyleń

proper positioning of the tool. In the photogrammetric examination, it is essential to level the device using the levels placed on the camera, an aspect that, regrettably, investigators sometimes ignore. Another possible drawback is error in positioning the anthropometric points on the screen, which depends on the operator's experience, screen resolution in particular planes, size of the light spot and contrast of the marked points. Measurements obtained with the mechanical inclinometer may entail a limiting error due to parallax uncertainty and  $\pm 2^\circ$  meniscus of the liquid in the measuring cylinder. These and many other factors which may also occur during measurement result in discrepancy in measurements of the same parameters taken with these two methods.

Different methods for postural evaluation have been compared in many studies. However, there have been no head-to-head comparisons of the photogrammetric examination and inclinometric measurements. Kuźdżała et al. compared the Metrecom System vs. inclinometry in 30 boys and girls aged 12 years and did not reveal significant differences between the measurements of the angle of thoracic kyphosis and the angle of lumbar lordosis obtained with both methods [7]. Saad et al. compared values of the Cobb angle in the photogrammetric and radiographic examinations, demonstrating similarity of the results [8]. Another study by the same team compared the angle of thoracic kyphosis and the angle of lumbar lordosis in the photogrammetric examination and the x-ray examination and also confirmed agreement between these methods [9]. A similar study was conducted by Leroux and Zabijek, who compared the results of radiographic and photogrammetric measurements of thoracic kyphosis and lumbar lordosis in 124 patients. The results showed a high correlation between these methods, with a correlation coefficient of 0.89 in the case of thoracic kyphosis and a slightly lower figure of 0.84 in the case of lumbar lordosis [10]. Van Maanen et al. [11] and Iunes et al. [12] confirmed the reliability of photogrammetry as a method for postural evaluation, whereas Braun and Amundson [13] stated that photogrammetry is a good method for postural evaluation.

According to the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing [14], photogrammetry is the science of obtaining reliable information about the shape of objects and bodies that may be measured and interpreted; one of the advantages of photogrammetry is the possibility of recording even small changes and deviations [15]. The photogrammetric method is used for postural evaluation and provides more reliable information than a visual assessment [16,17,18]. The availability of digital re-

[15]. Metoda fotogrametryczna służy do oceny postawy ciała i dostarcza bardziej wiarygodnych informacji niż badanie oglądowe [16,17,18]. Zaletą fotogrametrii jest możliwość zapisania plików cyfrowo. Analizując dostępne wyniki badań, płyną czytelne wnioski dotyczące rzetelności fotogrametrii jako metody oceny postawy ciała. Istotnym argumentem jest zgodność fotogrametrii z badaniem rentgenowskim, które jest uważane obecnie za najdokładniejszą metodę oceny ukształtowania kręgosłupa. Biorąc pod uwagę wyniki badań własnych i przeanalizowaną literaturę, metoda inklinometryczna wydaje się być nierzetelna z uwagi na fakt, że w literaturze naukowej nie znaleziono dowodów na jej wartość jako metody diagnostycznej, w porównaniu z wielokrotnym potwierdzeniem rzetelności fotogrametrii, a pomiary wykonane obiema metodami wykazują rozbieżność. Powodem takich wyników może być fakt, że w przypadku fotogrametrii stosujemy takie samo ustawienie i kalibrację urządzenia pomiarowego dla każdego pacjenta (urządzenie przygotowujemy do pomiaru dla całej grupy jednorazowo, a w trakcie badań zmieniamy ewentualnie wysokość ustawienia kamery na windzie). W przypadku pomiaru inklinometrycznego przyłożenie narzędzia pomiarowego następuje indywidualnie dla każdego pacjenta, co w pewnym stopniu uniemożliwia odtworzenie za każdym razem takich samych warunków pomiaru. Istotnie wiele badań potwierdza rzetelność, powtarzalność i wysoką zgodność badania fotogrametrycznego, ale aby jednoznacznie potwierdzić zgodność oraz wiarygodność bądź jej brak w metodzie fotogrametrycznej i inklinometrycznej, należy skonstruować badania oceniające postawę ciała w tej samej grupie pacjentów z wykorzystaniem kilku metod pomiarowych, w tym m.in. metody inklinometrycznej, metody fotogrametrycznej oraz rtg w celu potwierdzenia rzetelności pozostałych metod. Tak zaplanowane badania będą kontynuacją planu badań własnych rozpoczętych w niniejszej pracy.

## WNIOSKI

1. Pomiar nachylenia poszczególnych odcinków kręgosłupa wykonany metodą fotogrametryczną i inklinometryczną na tej samej grupie wykazuje różnice istotne statystycznie.
2. Pomiary wykonane metodą fotogrametryczną i inklinometryczną nie mogą być porównywane pomiędzy sobą.
3. Badania nad zgodnością pomiarów krzywizn przednio-tylnych kręgosłupa z wykorzystaniem dostępnej aparatury pomiarowej, wymagają poszerzenia i kontynuacji.

coding of data is another advantage of photogrammetry. The available study results clearly show that the photogrammetric method is reliable for postural evaluation. The agreement between photogrammetry and the radiographic examination, currently considered the most accurate method for evaluation of the spine, is a significant argument in favour of photogrammetry. Taking into consideration the results of the present study and the analysed literature, inclinometry appears to be unreliable as there is no evidence in the scientific literature that this method is useful for diagnostic purposes, whereas there is ample evidence supporting the reliability of photogrammetry as a diagnostic method and the measurements taken with these two methods reveal discrepancies. One reason behind these discrepancies may be that, in photogrammetry, the same positioning and calibration of the measuring device are applied for each patient (the device is set up for measurements only once for the entire group; subsequently, only the vertical position of the camera on the lift can be changed if necessary). In inclinometry, the measuring device is positioned individually for each patient, which to some extent impedes the reproduction of the same conditions of measurement for each subject. Indeed, many studies have confirmed reliability, repeatability and a high degree of agreement of the photogrammetric examination, but in order to clearly confirm agreement and reliability (or lack thereof) between photogrammetry and inclinometry, a study should be designed where posture would be assessed in the same patient group using several measuring methods, including the inclinometric method, the photogrammetric method and the x-ray examination, in order to confirm reliability of the remaining methods. A study incorporating this design will be a continuation of the research programme initiated by the study described in the present paper.

## CONCLUSIONS

1. Measurements of inclination of particular segments of the spine obtained with the photogrammetric method and the inclinometric method in the same study group revealed statistically significant differences.
2. The results of measurements obtained by photogrammetry and inclinometry are not comparable.
3. Further research on agreement between measurements of the anteroposterior spinal curvatures obtained using the available measurement equipment is recommended.



## PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Borek R, Sereda M, Stec W, Walicka-Cupryś K, Wilk G. Ocena wpływu niepewności danych pomiarowych na rezultat wnioskowania statystycznego o rozkładzie mierzonych cech antropometrycznych. Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej 2006; 233: Elektrotechnika z 29: 81-88.
2. Walicka-Cupryś K, Stec M, Mrozkowiak M. Porównanie parametrów krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej mierzonych metodą fotogrametryczną z wykorzystaniem zjawiska Moire'a i inklinometryczną. Rehabilitacja medyczna 2006;10 nr. specjalny: 48-49.
3. Zeyland-Malawka E. Wyniki pomiarów krzywizn kręgosłupa jako układ odniesienia w badaniu postawy ciała. Fizjoterapia 2003;11(3):5-12.
4. Drzał-Grabiec J, Snela S. The influence of rural environment on body posture. Ann Agric Environ Med 2012;19(4): 846-850.
5. Drzał-Grabiec J, Szczepanowska-Wołowicz B. Weight-height ratios and parameters of body posture in 7-9-year-olds with particular posture types. Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja 2011;13(6):591-600.
6. Zeyland-Malawka E. Klasyfikacja i ocena postawy ciała w modyfikacjach metody Wolańskiego i Nowojorskiego Testu Klasyfikacyjnego. Fizjoterapia 1999;4:52-55.
7. Kuźdzał A, Szczygieł A, Ćwirlej A. Porównanie parametrów krzywizn kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej mierzonych metodą antropostereometryczną i inklinometryczną. Postępy Rehabilitacji 2004;18(4):11-14.
8. Scott ND, Dangerfield PH, Dorgan JC. The relationship between surface and radiological deformity in adolescent idiopathic scoliosis: effect of change in body position. Eur Spine J 1996;5:85-90.
9. Saad KR, Colombo AS, Ribeiro AP, João SMA. Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. Journal of Bodywork and Movement Therapies 2012;16(2):210-216.
10. Leroux MA, Zabjek K. A noninvasive antropometric technique for measuring kyphosis and lordosis. Spine 2000;25(13):1689-1694.
11. Iunes D, Castro F, Salgado H, Moura I, Oliveira A, Bevilaqua-Grossi D. Intra and inter-examiner reliability and method repeatability of postural evaluation via photogrammetry. Rev Bras Fisioter 2005;9:327-334.
12. Van Maanen CJ, Zonnenberg AJ, Elvers JW, Oostendorp RA. Intra/interrater reliability of measurements on body posture photographs. Cranio 1996;14:326-331.
13. Braun BL, Amundson LR. Quantitative assessment of head and shoulder posture. Arch Phys Med Rehabil 1989;70:322-329.
14. ASPRS American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. What is ASPRS? Bethesda: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
15. Kernozek TW, Greer NL. Quadriceps angle and rearfoot motion: relationships in walking. Arch Phys Med Rehabil 1993;74: 407-410.
16. Sacco I, Alibert S, Queiroz B, Pripas D, Kieling I, Kimura A, et al. Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniometria para avaliação postural de membros inferiores. Rev Bras Fisioter 2007;11:411-417.
17. Dunk NM, Chung YY, Compton DS, Callaghan JP. The reliability of quantifying upright standing postures as a baseline diagnostic clinical tool. J Manipulative Physiol Ther 2004;27:91-96.
18. Lima LC, Barauna MA, Sologurem MJ, Canto RS, Gastaldi AC. Postural alterations in children with mouth breathing assessed by computerized biophotogrammetry. J Appl Oral Sci 2004;12:232-237.

Liczba słów/Word count: 4440

Tabele/Tables: 3

Ryciny/Figures: 2

Piśmiennictwo/References: 18

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Justyna Drzał-Grabiec

Instytut Fizjoterapii UR

35-205 Rzeszów, ul. Warszawska 26A, Tel.: 691-588-185, e-mail: justyna.drzal.grabiec@wp.pl

Otrzymano / Received

15.06.2013 r.

Zaakceptowano / Accepted

15.08.2013 r.