

PORÓWNANIE POMIARU ZAKRESU RUCHU MIERZONEGO ZA POMOCĄ AUTORSKIEJ APLIKACJI MOBILNEJ ORAZ GONIOMETRU TRADYCYJNEGO

COMPARISON OF THE MEASUREMENT OF THE RANGE OF MOTION BY USING AN OWN MOBILE APPLICATION AND TRADITIONAL GONIOMETER

Sylwia Stiler^{1*}, Szymon Wyszyński², Joanna Piotrkowicz², Piotr Federowicz²

¹ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach, Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej – InBio, 41-200 Sosnowiec, ul. Będzińska 39

² Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Studium Doktoranckie, 40-752 Katowice, ul. Medyków 12

* e-mail: stiler.sylwia@wp.pl

STRESZCZENIE

Najbardziej powszechnym urządzeniem stosowanym do pomiarów kątów zakresów ruchów ciała jest goniometr. Celem pracy było porównanie pomiarów zakresu ruchu w stawach za pomocą klasycznego goniometru i autorskiej teleinformatycznej aplikacji na smartfon – Goniometr v.1.0. Badaniom poddanych zostało 50 osób w przedziale wiekowym od 16 do 32 lat (średnia $25,8 \pm 4,5$). Wykonano pomiary zakresu ruchu w stawie ramiennym przy użyciu goniometru tradycyjnego oraz aplikacji mobilnej. Średni zakres zgięcia stawu ramiennego mierzony goniometrem tradycyjnym wynosił $175,06^\circ \pm 3,38^\circ$, natomiast za pomocą aplikacji Goniometr v.1.0 $177,82^\circ \pm 1,77^\circ$. Średni zakres wyprostowania stawu ramiennego mierzony goniometrem wynosił $46,86^\circ \pm 4,95^\circ$. Natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 – $44,36^\circ \pm 1,78^\circ$. Wyniki pomiarów za pomocą tradycyjnego goniometru charakteryzowały się wyższym odchyleniem standardowym niż wyniki pomiarów przy użyciu aplikacji Goniometr v.1.0.

Słowa kluczowe: antropometria, goniometr, aplikacja, smartfon

ABSTRACT

The most popular device used to measure the range of motion is a goniometer. The aim of this study was to compare the results of the measurements performed by means of classical goniometer and own mobile application for the smartphone – Goniometr v.1.0. 50 volunteers aged 16–32 years (mean age 25.8 ± 4.5) were enrolled in to the study. The range of motion in the shoulder joint was measured. The mean range of flexion of the shoulder measured by the goniometer was to $175.06^\circ \pm 3.38^\circ$, whereas in the case of mobile applications it was $177.82^\circ \pm 1.77^\circ$. The average range of extension of the shoulder measured by goniometer was $46.86^\circ \pm 4.95^\circ$ and by Goniometr v.1.0 application it was $44.36^\circ \pm 1.78^\circ$. The results of measurements using a conventional goniometer were characterized by a higher standard deviation than results obtained by a mobile application Goniometr v.1.0.

Keywords: anthropometry, goniometer, application, smartphone

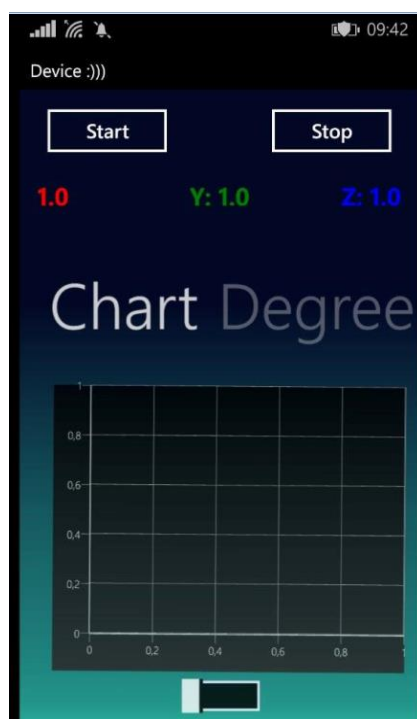
1. Wstęp

Antropometria jako jeden z działów antropologii zajmuje się m.in. obiektywnymi pomiarami części ciała ludzkiego, a otrzymane wyniki mogą być później wykorzystane np. w przemyśle do określenia rozmiaru ubrań, obuwia bądź ławek szkolnych.

Prawidłowy zakres ruchu w stawach jest zależny od uwarunkowań anatomicznych: budowy powierzchni stawowych, siły i elastyczności mięśni oraz kontroli nerwowo-mięśniowej. Ma zapewnić prawidłowe funkcjonowanie narządu ruchu [1]. Określone są normy zakresu ruchomości w stawach w poszczególnych płaszczyznach zgodne z systemem SFTR. SFTR to system pomiaru i zapisu zakresów ruchów w stawach (S – *sagital* (płaszczyzna strzałkowa), F – *frontal* (płaszczyzna czołowa), T – *transverse* (płaszczyzna poprzeczna), R – *rotation* (ruchy rotacyjne)). Istnieją różne sposoby pomiaru zakresu ruchu. Najbardziej powszechnymi metodami są metoda wzrokowa oraz pomiary za pomocą goniometru. Rozwój nowoczesnych technologii teleinformatycznych pozwala na tworzenie aplikacji mobilnych do pomiaru zakresu ruchu [2, 3, 4].

Goniometrem nazywane jest urządzenie do mierzenia kątów. Jest to najprostsze urządzenie wykorzystywane przez fizjoterapeutów do pomiarów zakresu ruchu w stawie. Każdy goniometr posiada podziałkę od 0 do 360 stopni. Wyróżniamy w nim dwa ramiona: ruchome i nieruchome. Ramię nieruchome spoczywa w punkcie 0, natomiast ramię ruchome porusza się swobodnie [5]. Wszystkie pozycje stawów oraz ruchy opisywane są w czterech podstawowych płaszczyznach: strzałkowej, czołowej, poprzecznej i rotacyjnej.

Większość smartfonów dostępnych na rynku ma wbudowany akcelerometr, co pozwala na sprawdzenie położenia aparatu w przestrzeni. Dostęp do danych odczytywanych z akcelerometru jest możliwy dzięki udostępnionej bibliotece, służącej do jego obsługi w danym języku programowania. W przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 jest to język C#. Na głównym ekranie aplikacji pokazanym na rysunku 1 użytkownik ma do dyspozycji dwa przyciski START i STOP. Pierwszy z nich rozpoczyna, natomiast drugi zatrzymuje pomiar. Pomiar możliwy jest w trzech płaszczyznach, a są one określone jako x, y oraz z. Naciskając przycisk start, program rozpoczyna pomiar. Pomiar możemy obserwować na ekranie telefonu w momencie jego wykonywania. Opracowany program współpracuje jedynie z systemem Windows Phone. Posiada on także funkcję umożliwiającą rysowanie wykresu poprzez zapisywanie wartości kątowych ruchu badanego stawu. Pozwala to na dokładną analizę jego ruchomości w późniejszym czasie, bez zapisywania wyników w trakcie przeprowadzania badania.



Rys. 1. Wygląd głównego okna aplikacji Goniometr v.1.0

2. Cel pracy

Celem pracy było porównanie wyników pomiarów zakresu ruchu w stawie ramiennym prowadzonych za pomocą dwóch przyrządów: klasycznego goniometru oraz autorskiej aplikacji teleinformatycznej na smartfon – Goniometr v.1.0. Badania miały na celu ustalenie czy powyższe pomiary mogą być stosowane zamiennie.

3. Materiał i metoda

Zbadano 50 ochotników w wieku 16–32 lata ($x = 25,8 \pm 4,5$) bez dolegliwości bólowych w okolicy kompleksu barkowego. U wszystkich badanych wykonano dwie próby pomiaru zakresu ruchu w stawie ramiennym. W pierwszej próbie pomiarów dokonywano z wykorzystaniem goniometru, a w drugiej próbie do pomiarów wykorzystano autorską aplikację teleinformatyczną Goniometr v.1.0. (p. rys. 1). Pomiarów dokonywało trzech niezależnych badaczy. Każdy pomiar powtórzono trzykrotnie. Uzyskane wyniki umieszczono w bazie danych, a następnie poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica 10. W celu charakterystyki badanej grupy wykonano statystyki opisowe. Obliczono wartości minimalne, maksymalne, średnie i odchylenia standardowe. W celu porównania pomiarów dwóch prób do analizy statystycznej wykorzystano test T-Studenta dla grup niezależnych.

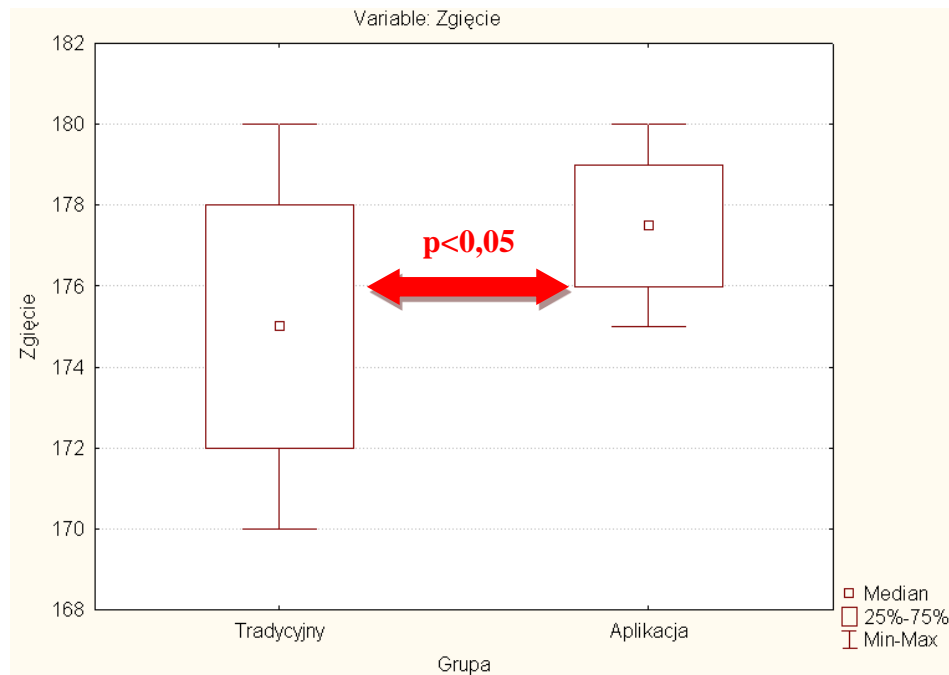
4. Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono statystyki opisowe z uwzględnieniem wieku, BMI, masy ciała i wysokości ciała w badanej grupie.

Tabela 1. Charakterystyka badanej grupy z uwzględnieniem płci, wieku i masy ciała

Zmienna	Wiek [lat]	BMI [kg/m ²]	Wysokość ciała [m]	Masa ciała [kg]
x	25,8	23,02	1,81	74,88
SD	4,5	4,32	0,09	10,81
Min	16	15,46	1,66	59
Max	32	30,11	1,95	96

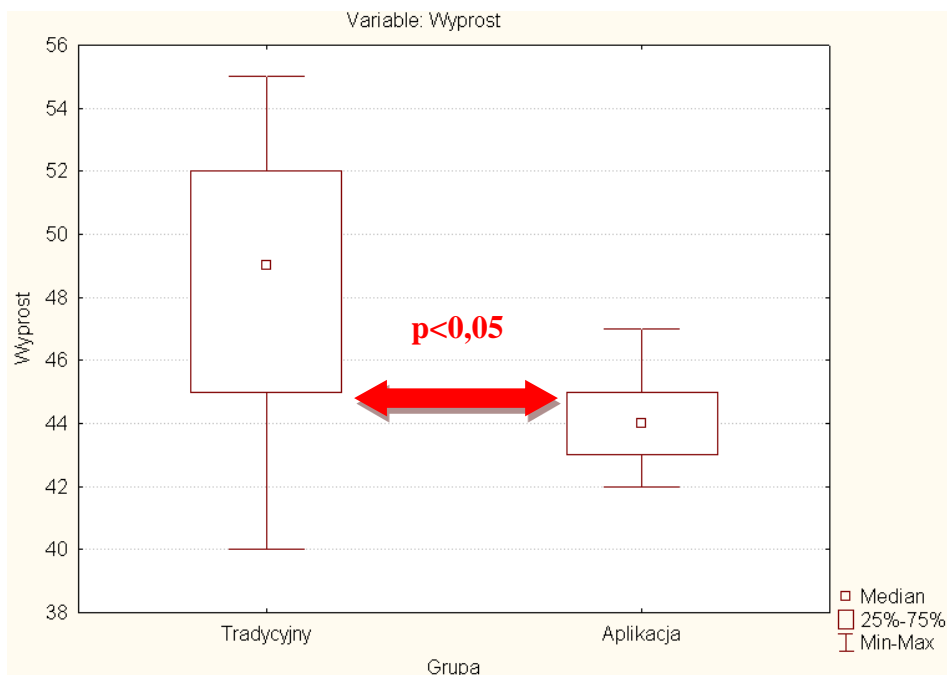
Na rysunkach 2–8 przedstawiono wyniki pomiarów zakresu ruchomości oraz odchylenia standardowe. Uwzględniono średnie z trzech pomiarów wykonywanych przez trzech niezależnych badaczy. Na rysunku 2 zilustrowano wyniki pomiarów zgięcia stawu ramiennie-łopatkowego.



Rys. 2. Rozkład wyników pomiarów zgięcia stawu ramiennie-łopatkowego (Tradycyjny – tradycyjny goniometr, Aplikacja – z użyciem aplikacji na smartfon)

Średni zakres zgięcia stawu ramiennego przy pomiarze goniometrem tradycyjnym wynosił $175,06^{\circ} \pm 3,38^{\circ}$, natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 był nieco wyższy: $177,82^{\circ} \pm 1,77^{\circ}$. Przy zastosowaniu tradycyjnego goniometru obserwowano wyższe wartości odchylenia standardowego w porównaniu do pomiarów z użyciem aplikacji teleinformatycznej. Zaobserwowano różnice na poziomie istotności statystycznej $p=0,000$.

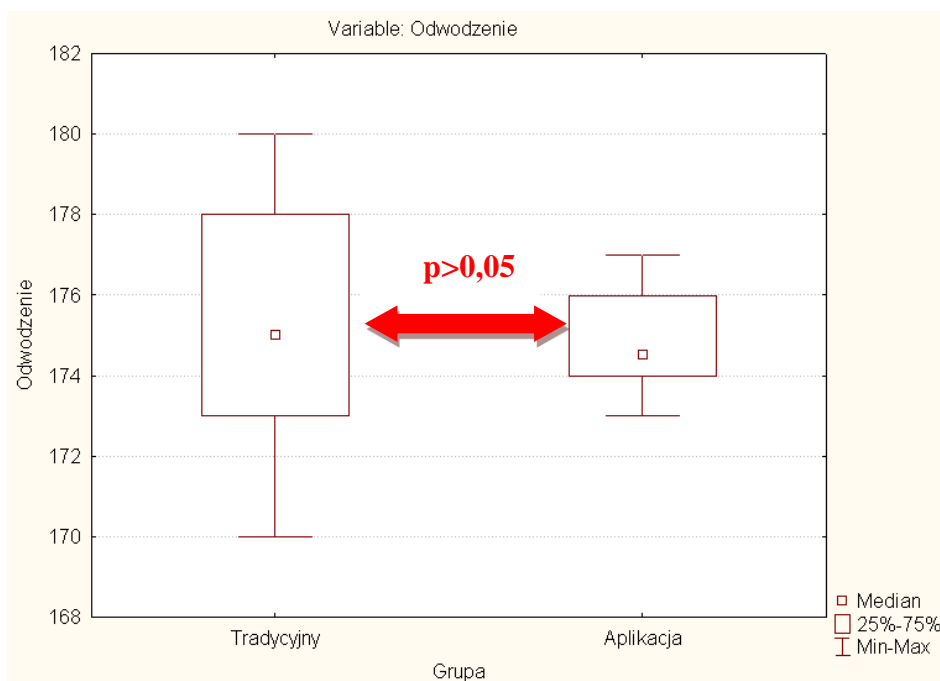
Na rysunku 3 przedstawiono średnie wyniki pomiaru zakresu ruchu wyprostowania stawu łopatkowo-ramiennego.



Rys. 3. Rozkład wyników pomiaru ruchu wyprostowania stawu ramiennie-łopatkowego (Tradycyjny – tradycyjny goniometr, Aplikacja – z użyciem aplikacji na smartfon)

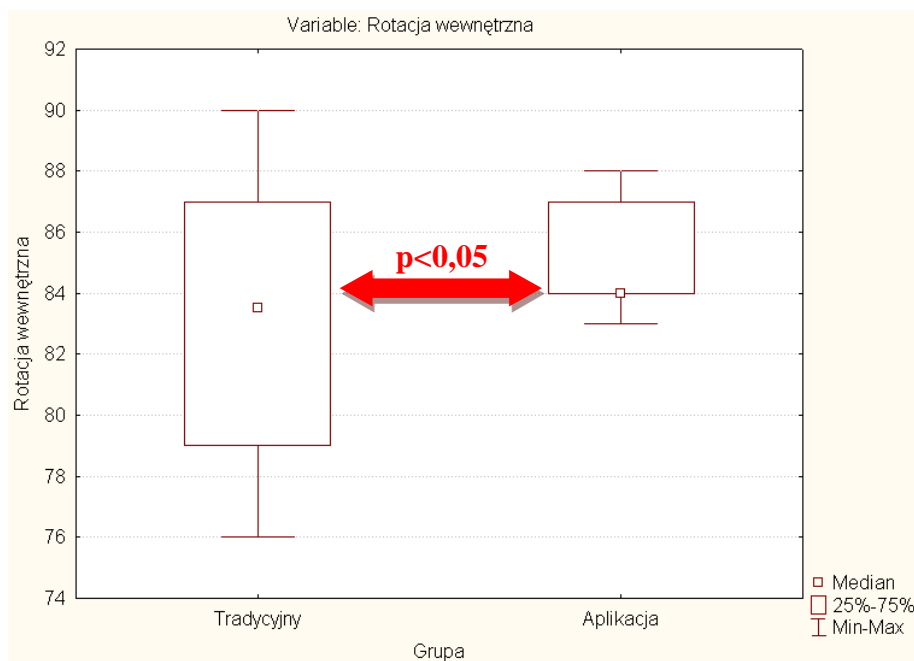
Średni zakres wyprostowania stawu ramiennego mierzony goniometrem tradycyjnym wynosił $46,86^{\circ} \pm 4,95^{\circ}$, natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 – $44,36^{\circ} \pm 1,78^{\circ}$. Wyższe wartości odchylenia standardowego obserwowano w przypadku pomiarów za pomocą tradycyjnego goniometru. Zaobserwowano różnice na poziomie istotności statystycznej $p=0,000004$.

Na rysunku 4 pokazano wyniki pomiarów ruchu odwodzenia w stawie ramiennie-łopatkowym, a na rysunku 5 i 6 wyniki pomiarów rotacji.



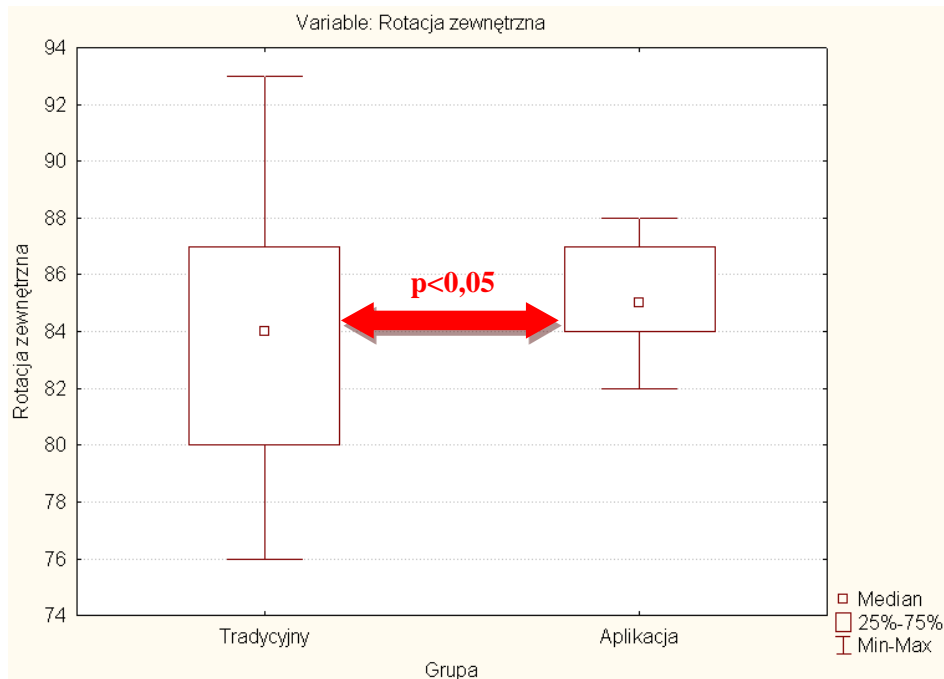
Rys. 4. Rozkład wyników pomiarów ruchu odwodzenia w stawie ramiennie-łopatkowym (Tradycyjny – tradycyjny goniometr, Aplikacja – z użyciem aplikacji na smartfon)

Średni zakres odwiedzenia mierzonego goniometrem tradycyjnym wynosił $174,8^{\circ} \pm 3,6^{\circ}$, natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 – $175,26^{\circ} \pm 1,38^{\circ}$. Różnica odchylenia standardowego wynosiła $2,22^{\circ}$. Nie zaobserwowano różnic na poziomie istotności statystycznej $p=0,476$.



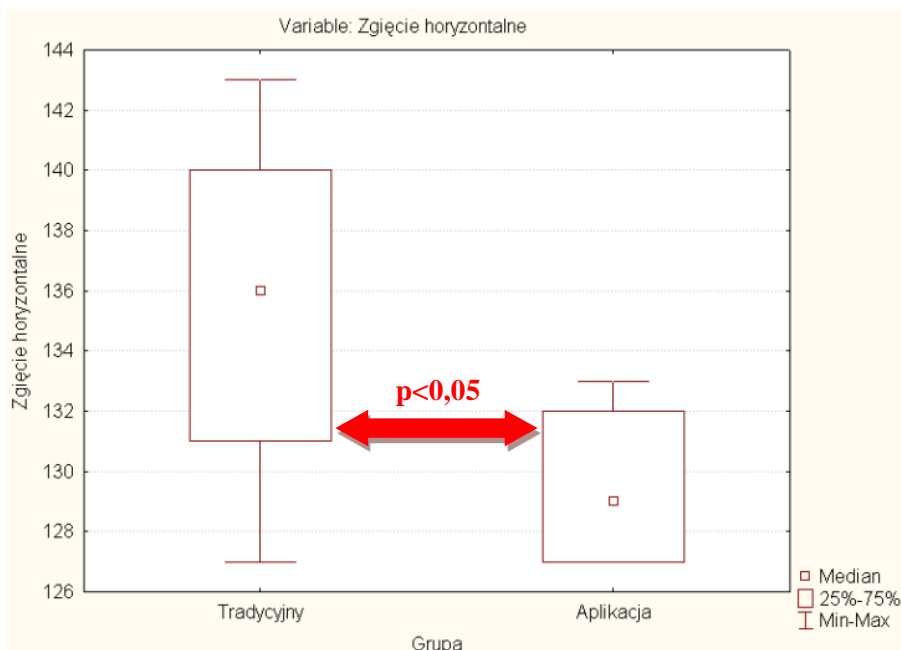
Rys. 5. Rozkład wyników pomiarów ruchu rotacji wewnętrznej (Tradycyjny – tradycyjny goniometr, Aplikacja – z użyciem aplikacji na smartfon)

Średni zakres rotacji wewnętrznej mierzony goniometrem tradycyjnym wynosił $82,08^{\circ} \pm 3,62^{\circ}$, natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 – $85,34^{\circ} \pm 1,87^{\circ}$. Różnica odchylenia standardowego pomiędzy wynikami pomiarów wynosiła $1,75^{\circ}$. Zaobserwowano różnice na poziomie istotności statystycznej $p=0,044$ (p. rys. 5).



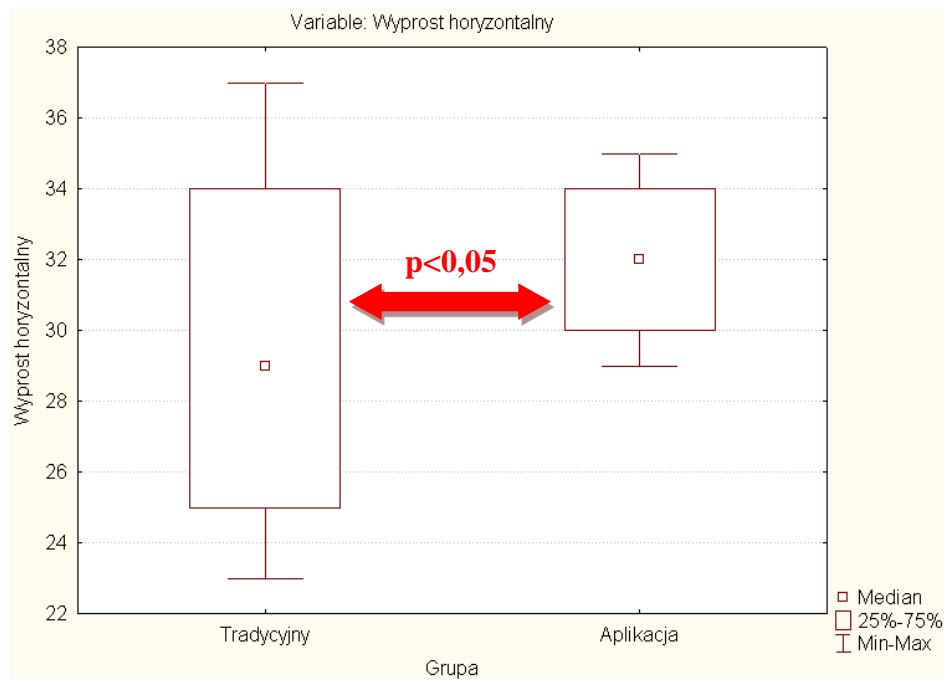
Rys. 6. Rozkład wyników pomiarów ruchu rotacji zewnętrznej stawu ramiennie-łopatkowego (Tradycyjny – tradycyjny goniometr, Aplikacja – z użyciem aplikacji na smartfon)

Średni zakres rotacji zewnętrznej stawu ramiennego mierzony goniometrem tradycyjnym wynosił $84,82^{\circ} \pm 4,88^{\circ}$, natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 – $84,82^{\circ} \pm 1,98^{\circ}$. Różnica odchylenia standardowego między obiema pomiarami wynosiła $2,9^{\circ}$. Nie zaobserwowano różnic na poziomie istotności statystycznej $p=0,174438$ (p. rys. 6).



Rys. 7 Rozkład wyników pomiarów ruchu zgięcia horyzontalnego stawu ramiennie-łopatkowego (Tradycyjny – tradycyjny goniometr, Aplikacja – z użyciem aplikacji na smartfon)

Średni zakres zgięcia stawu ramiennego mierzony goniometrem tradycyjnym wynosił $134,76^\circ \pm 5,09^\circ$, natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 – $129,9^\circ \pm 2,02^\circ$. Różnica odchylenia standardowego wynosiła $3,07^\circ$. Zaobserwowano różnice na poziomie istotności statystycznej $p=0,00001$ (p. rys. 7).



Rys. 8. Rozkład wyników pomiarów ruchu wyprost horyzontalnego stawu ramiennie-łopatkowego (Tradycyjny – tradycyjny goniometr, Aplikacja – z użyciem aplikacji na smartfon)

Średni zakres wyprost mierzony za pomocą goniometru tradycyjnego wynosił $29,9^\circ \pm 4,35^\circ$, natomiast w przypadku aplikacji Goniometr v.1.0 – $31,72^\circ \pm 1,99^\circ$. Różnica odchylenia standardowego wyniosła $2,36^\circ$. Zaobserwowano różnice na poziomie istotności statystycznej $p=0,005$ (p. rys. 8).

5. Dyskusja

Ze względu na szybki rozwój nowoczesnych technologii pomiary wykonywane przy użyciu urządzeń analogowych możemy zastąpić szybszymi i dokładniejszymi pomiarami cyfrowymi. W ostatnich latach powstało bardzo wiele aplikacji do pomiarów w gabinetach lekarskich czy fizjoterapeutycznych. W bazie PubMed można odnaleźć prace, które opisują porównanie wyników pomiarów wykonywanych tradycyjnym goniometrem i za pomocą aplikacji na smartfony. Badania przeprowadzone przez australijskich naukowców pokazują, że różnica pomiarów zakresu ruchu wykonanych tradycyjnym goniometrem i za pomocą aplikacji na smartfonie jest niewielka. W badaniu tym 6 badaczy dokonywało trzykrotnych pomiarów zakresu ruchu stawu kolanowego. Błąd pomiarowy w przypadku pomiaru tradycyjnego wynosił $1,56^\circ$ ($0,52^\circ$ – $2,66^\circ$), natomiast dla aplikacji na smartfonie wynosił $0,62^\circ$ ($0,29^\circ$ – $1,27^\circ$). Autorzy badań sugerują, że dokładniejsze wyniki dają pomiary za pomocą aplikacji mobilnych [6, 7].

Kolejnym artykułem, w którym zaprezentowano porównanie pomiarów wspomnianymi sposobami jest praca Simon J. Otter i wsp. Badacze dokonywali pomiarów stawu międzypaliczkowego bliższego palca pierwszego. W przypadku użycia standardowego goniometru zaobserwowano średnie odchylenie standardowe $12,2^\circ$, natomiast w przypadku aplikacji na smartfonie – $11,3^\circ$. Podobnie, jak w poprzednich badaniach, autorzy wysunęli wniosek, że pomiary za pomocą aplikacji mobilnej są dokładniejsze. Autorzy sugerują jednak, że pomimo zbliżonych wyników, nie powinno się przy danych badaniach stosować tych urządzeń zamiennie. W publikacji Wellmon i wsp. oraz Milani i wsp. można odnaleźć informacje o 12 aplikacjach spełniających wymagania wiarygodności [8, 9]. Autorzy tych badań stwierdzają, że warto przeprowadzić teraz badania walidacyjne pomiarów goniometrycznych za pomocą aplikacji w warunkach dynamicznych, na przykład podczas chodzenia lub podczas wykonywania

ćwiczeń terapeutycznych [10].

6. Wnioski

- 1) Wyniki pomiarów prowadzonych za pomocą tradycyjnego goniometru charakteryzowały się w każdym wypadku wyższym odchyleniem standardowym niż przy użyciu aplikacji Goniometr v.1.0
- 2) Mniejsze odchylenia standardowe wyników pomiarów przy użyciu aplikacji mobilnej wskazują, że bardziej dokładnym narzędziem pomiarowym jest aplikacja Goniometr v.1.0.
- 3) Badania powinny być kontynuowane na większej grupie badanych.

LITERATURA

- [1] K. Książopolska-Orłowska, O. Krasowicz-Towalska, Z. Wroński: *Rehabilitacja pacjentów z chorobami reumatycznymi*, Reumatologia, vol. 45(1), 2007, s. 41–45.
- [2] S. Vohralik, A. Bowen, J. Burns, C. Hiller, E. Nightingale: *Reliability and validity of a smartphone app to measure joint range*, American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, vol. 94(4), 2015, s. 325–330.
- [3] A. Jones, R. Sealey, M. Crowe, S. Gordon: *Concurrent validity and reliability of the Simple Goniometer iPhone app compared with the Universal Goniometer*, Physiotherapy Theory and Practice, vol. 30(7), 2014, s. 512–516.
- [4] K. Hambly, R. Sibley, M. Ockendon: *Level of agreement between a novel smartphone application and a long arm goniometer for the assessment of maximum active knee flexion by an inexperienced tester*, International Journal of Physiotherapy and Rehabilitation, vol. 2, 2012, s. 2.
- [5] A. Straburzyńska-Lupa, G. Straburzyński: *Fizjoterapia*, PZWL, Warszawa 2003.
- [6] S. Milanese, S. Gordon, P. Buettner, C. Flavell, S. Ruston, D. Coe, W. O'Sullivan, S. McCormack: *Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: Smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians*, Manual Therapy, vol. 19(6), 2014, s. 569–574.
- [7] S. Otter, B. Agalliu, N. Baer: *The reliability of a smartphone goniometer application compared with a traditional goniometer for measuring first metatarsophalangeal joint dorsiflexion*, Journal of Foot and Ankle Research, vol. 8(1), 2015, s. 1–7.
- [8] R. Wellmon, D. Gulick, M. Paterson, C. Gulick: *Validity and Reliability of Two Goniometric Mobile Apps: Device, Application and Examiner Factors*, Journal of Sport Rehabilitation, vol. 6, 2015.
- [9] P. Milani, C. Coccetta, Rabini Alessia, T. Sciarra, G. Massazza, G. Ferriero: *Mobile Smartphone Applications for Body Position Measurement in Rehabilitation: A Review of Goniometric Tools*, Article PM&R, vol. 6(11), 2014, s. 1038–1043.
- [10] P. Charlton, B. Mentiplay, Y.-H. Pua, R. Clark: *Reliability and concurrent validity of a Smartphone, bubble inclinometer and motion analysis system for measurement of hip joint range of motion*, Journal of Science and Medicine in Sport, vol. 18(3), 2015, s. 262–267.

otrzymano / submitted: 20.04.2016
zaakceptowano / accepted: 30.05.2016