

Agata GUZIK-KOPYTO¹, Andrzej BIENIEK¹, Mateusz LIPIARZ²

¹Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska, Zabrze

²Studenckie Koło Naukowe Biomechatroniki "BIOKRETYWNI"

OCENA SYMETRII RUCHÓW WYKONYWANYCH KOŃCZYNĄ GÓRNĄ PODCZAS CZYNNOŚCI PICIA Z KUBKA PRZEZ OSOBY ZDROWE

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych dotyczących kinematyki kończyn górnych podczas czynności picia z kubka. Celem pracy było określenie różnic w kinematyce wykonywanych ruchów pomiędzy kończyną prawą i lewą na podstawie wskaźnika symetrii w stawach kończyny górnej: ramiennym, łokciowym i nadgarstkowym. W badaniach wzięło udział 18 zdrowych mężczyzn. Badania wielkości kinematycznych przeprowadzono z wykorzystaniem systemu MVN Biomech firmy Xsens. Pozwoliły one na wyznaczenie zakresów ruchu, a następnie wskaźników symetrii w stawach kończyny górnej. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują na brak symetrii wykonywanych ruchów dla prawej i lewej kończyny górnej wśród badanych zdrowych osób.

Słowa kluczowe: wskaźnik symetrii, kinematyka, kończyna górna

1. WSTĘP

Jednym z występujących rodzajów asymetrii u człowieka jest asymetria funkcjonalna, związana z dominacją jednej kończyny nad drugą, potocznie zwana stronnością, która jest uwarunkowana genetycznie i środowiskowo. W zależności czy kończyną dominującą jest kończyna prawa, czy lewa proces ten ustala się w różnych etapach życia. Ostatecznie w wieku 12-14 lat proces ten dobiega końca. Istnieją również przypadki oburęczności, z łacińskiego zwane *ambidikestria* [9].

Kolejnym rodzajem asymetrii jest asymetria związana z wymiarami geometrycznymi narządów parzystych człowieka. W skomplikowanym oraz wysoce przypadkowym etapie rozwoju człowieka, zgodność wymiarów kończyn (długości, obwodu) jest niemożliwa [11]. Występuje również asymetria dynamiczna, związana z różnymi wartościami sił generowanymi przez mięśnie kończyny prawej i lewej, szybkością wykonywania pewnych ruchów oraz wytrzymałością stawów obu kończyn. Takie różnice asymetrii dynamicznej zostały wykazane w badaniach [13], gdzie przedstawiono różnicę wartości momentów sił mięśniowych uzyskanych podczas badań w warunkach skurczu izometrycznego w kończynie prawej oraz lewej.

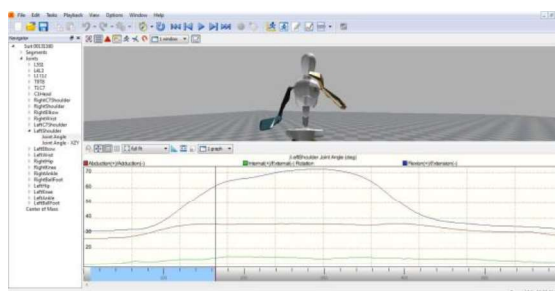
W niniejszej pracy podjęto badania wielkości kinematycznych kończyn górnych podczas czynności dnia codziennego jaką jest picie z kubka. Kończyna górna umożliwia wykonywanie wielu skomplikowanych czynności manipulacyjnych [14]. W skład kończyny

górnej wchodzi staw ramienny, staw łokciowy oraz staw nadgarstkowy. Stawy posiadają funkcjonalną właściwość w swoich połączeniach zwaną ruchomością. Ruchomość określa zakres ruchów w stawach, zatem różnicę pomiędzy minimalnym, a maksymalnym kątem osiągalnym w stawie. Kończyna górna ulega jednak bardzo często różnego rodzaju urazom, dlatego jest obiektem zainteresowania grona lekarzy, fizjoterapeutów i inżynierów biomedycznych [2]. Brakuje jednak metod diagnostycznych, które pozwoliłyby na ilościową ocenę kinematyki ruchu kończyny górnej oraz ocenę symetrii zakresu ruchu pomiędzy kończynami [2]. Jedną z metod branych pod uwagę przy ocenie stopnia dysfunkcji niedowładnej kończyny górnej może być odniesienie wartości zakresu ruchu do wartości wyznaczonych dla kończyny zdrowej. Aby jednak możliwa była rzetelna ocena przydatności wyżej wymienionej analizy porównawczej istotnym elementem jest sprawdzenie, czy analiza taka przynosi powtarzalne wyniki podczas badań prowadzonych na grupie normatywnej. Jest to istotne ze względu na fakt, iż człowiek wykorzystuje każdą z kończyn górnych (prawą, lewą) w bardzo indywidualny sposób zależny od predyspozycji oraz nawyków charakterystycznych dla danej osoby. W związku z tym istotne wydaje się zbadanie powtarzalności wykonywanych ruchów.

Celem niniejszej pracy było określenie różnic w kinematyce wykonywanych ruchów pomiędzy kończyną prawą i lewą osób zdrowych podczas czynności picia z kubka na podstawie wskaźnika symetrii.

2. METODYKA BADAŃ

W ramach pracy przeprowadzono badania wielkości kinematycznych dla kończyn górnych podczas czynności picia z kubka. Wielkości kinematyczne kończyn górnych wyznaczono za pomocą systemu MVN Biomech firmy Xsens, będącego systemem do analizy ruchu wykorzystującym czujniki inercyjne, składającym się z kombinezonu, kamery oraz odpowiedniego oprogramowania MVN Studio (Rys. 1). Kombinezon ten składa się z 11 czujników ruchu MTX (IMU – Inertial Measurement Unit) wraz z okablowaniem oraz paskami do ich mocowania, bazę Xbus Master oraz dwa bezprzewodowe odbiorniki danych. Czujniki systemu na ciele badanej osoby były umieszczone na: kończynach górnych (ramię, przedramię, dłoń), klatce piersiowej oraz głowie. Ponadto na plecach osoby badanej, na wysokości nerek, umieszczono dwa odbiorniki danych. Przed badaniem każdej osoby dokonywana była kalibracja systemu, w celu ustalenia relacji pomiędzy kombinezonem, a jego odwzorowaniem w programie MVN Studio.



Rys. 1. Interfejs programu MVN Studio

Badania przeprowadzono na grupie 18 zdrowych praworęcznych mężczyzn w wieku od 19 do 29 lat (średnia $22,7 \pm 2,3$ lat), bez przebytych urazów kończyn górnych, którzy zgłosili się na badania. Dominującą kończyną górną u wszystkich badanych osób była kończyna prawa. W tabeli 1 przedstawione zostały dane antropometryczne badanych osób.

Tabela 1. Dane antropometryczne badanych osób

	Wysokość ciała (m)	Masa (kg)	BMI (kg/m ²)
Średnia	1,80	73,56	22,63
SD	0,07	9,57	2,89

Badanie polegało na trzykrotnym wykonaniu czynności jaką było picie z kubka. Ta prosta czynność wykonywana codziennie przez każdą osobę angażuje pracę trzech stawów kończyny górnej. Badanie przeprowadzone było na siedząco. Osoba badająca w pozycji wyjściowej siedziała ok. 5 centymetrów od stolika. Kubek, wypełniony ok. 100 ml wody, stał na blacie w określonym punkcie. Osoba badana trzymała kubek ręką, którą wykonywała badaną czynność. Druga ręka leżała swobodnie na stoliku. Wykonujący czynność miał za zadanie podniesienie kubka do ust, napięcie się i odstawienie kubka do pozycji wyjściowej.

Podczas wykonywania ruchu rejestrowano minimalne oraz maksymalne kąty osiągnięte w stawach kończyn górnych, z których następnie wyznaczano zakres ruchomości poszczególnych stawów. W stawie ramiennym analizowano ruchy zginania/prostowania oraz odwodzenia/przywodzenia. Staw łokciowy był badany pod względem ruchów zginania/prostowania i pronacji/supinacji. W stawie nadgarstkowym analizowano ruchy takie jak zginanie dłoniowe/grzbietowe oraz odwodzenie łokciowe/promieniowe.

Na podstawie pomiarów wyznaczono zakresy ruchów w stawach kończyny górnej, a następnie wyznaczono wskaźnik symetrii (SI), który jest jednym z najpowszechniej wykorzystywanych metod procentowej oceny parametrów kinetycznych oraz kinematycznych. Wskaźnik SI wyznacza się poprzez unormowanie różnic pomiędzy wartościami parametrów dla przeciwstawnych kończyn lub dla kończyny chorej i zdrowej [15]. Do obliczeń przyjęto następującą zależność:

$$SI = \frac{|zmK_p - zmK_n|}{zmK_n} * 100\%, \quad (1)$$

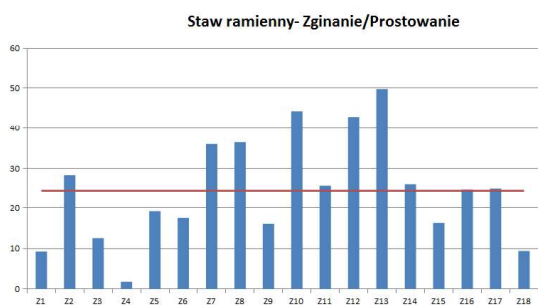
gdzie:

- zmK_p jest zmienną rejestrowaną dla kończyny górnej prawej,
- zmK_n jest zmienną rejestrowaną zmienna dla kończyny górnej lewej.

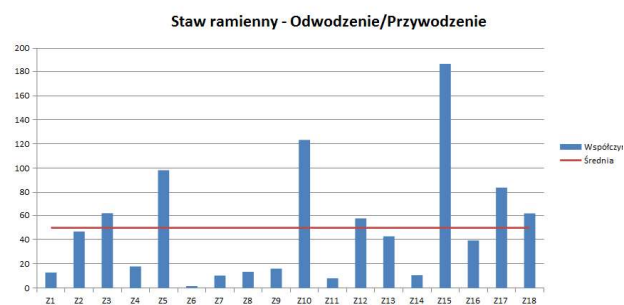
Im wyliczona wartość wskaźnika jest bliższa 0%, tym bardziej ruchy wykonane przez prawą i lewą kończynę są zbliżone do siebie. Przyjęto, że wartość, która może świadczyć o zachowaniu symetrii to 10% [15].

3. WYNIKI

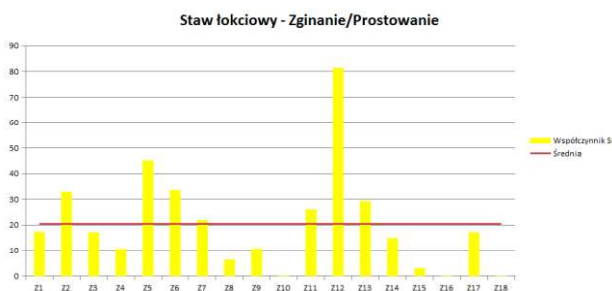
Przeprowadzone pomiary wielkości kinematycznych kończyn górnych podczas wykonywania czynności picia z kubka, pozwoliły na wyznaczenie zakresów ruchu, a następnie wskaźników symetrii w następujących stawach kończyny górnej: ramiennym, łokciowym i nadgarstkowym.



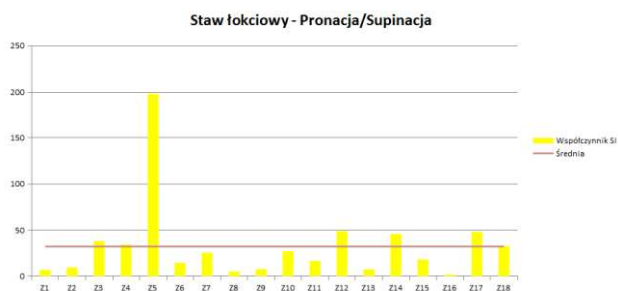
Rys. 2. Wskaźnik SI w stawie ramiennym podczas ruchu zginania i prostowania



Rys. 3. Wskaźnik SI w stawie ramiennym podczas odwodzenia i przywodzenia



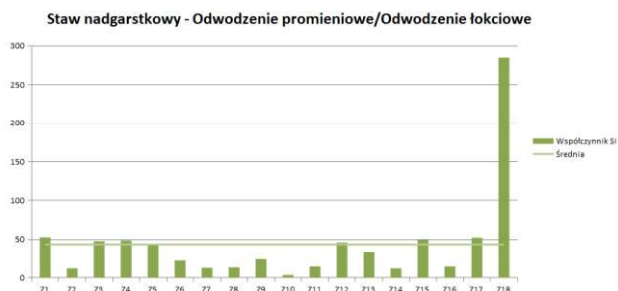
Rys. 4. Wskaźnik SI w stawie łokciowym podczas ruchu zginania i prostowania



Rys. 5. Wskaźnik SI w stawie łokciowym podczas pronacji i supinacji



Rys. 6. Wskaźnik SI w stawie nadgarstkowym podczas ruchu zginania dłoniowego i zginania grzbietowego



Rys. 7. Wskaźnik SI w stawie nadgarstkowym podczas odwodzenia promieniowego i odwodzenia łokciowego

4. PODSUMOWANIE

W ramach niniejszej pracy przeprowadzono badania doświadczalne kinematyki kończyn górnych podczas czynności picia z kubka z wykorzystaniem systemu MVN Biomech firmy Xsens. Aktualnie, można znaleźć wiele prac, w których różne systemy do analizy ruchu znajdują szerokie zastosowanie zarówno do badań dotyczących aktywności fizycznej, monitorowania stanu zdrowia pacjentów, jak również szeroko rozumianych badań biomechanicznych [1]. Badania doświadczalne pozwoliły między innymi na wyznaczenie zakresów ruchu w stawach kończyn górnych. Dane te posłużyły do obliczenia wskaźników symetrii w poszczególnych stawach, a zatem możliwe było określenie różnic w kinematyce wykonywanych ruchów pomiędzy kończyną prawą i lewą osób zdrowych podczas czynności picia z kubka.

W literaturze pojawiają się publikacje dotyczące tak zwanej asymetrii dynamicznej [15], która dotyczy różnic chociażby w sile mięśniowej, a także ruchomości w stawach pomiędzy

prawą i lewą kończyną [8]. Z badań różnych autorów wynika, że wartości maksymalnych momentów sił mięśniowych różnią się od siebie nieznacznie [10].

Na podstawie przeprowadzonych analiz odnotowano, iż wskaźnik symetrii SI w stawie ramiennym dla ruchu zginania/prostowania (rys. 2) przekraczał 10% aż u 15 osób spośród przebadanych 18. Ponadto średnia wartość SI wyniosła 25%, jest to wartość dwukrotnie mniejsza w porównaniu do średniej wartości ruchu odwodzenia/przywodzenia w tym stawie (badani 5, 10 oraz 15 znacząco zawyżyli wartość średnią współczynnika SI). Badany 6 dla ruchu odwodzenia/przywodzenia wykazał wartość współczynnika zbliżoną do zera (rys. 3).

Dla stawu łokciowego odpowiednio dla 11 osób wartość współczynnika SI wyniosła mniej niż wartość średnia 35% wykazaną przez badaną grupę (rys. 4). Dla stawu łokciowego dla ruchu pronacji/supinacji otrzymane wartości 6 spośród 18 badanych osób przekroczyły 10% (rys. 5). Aż trzech badanych podczas zginania/prostowania w stawie łokciowym wykazało wartości zbliżone do 0. Oznacza to duże podobieństwo w wykonywanych ruchach dla obu kończyn.

Dla stawu nadgarstkowego zarówno ruchy zginania dłoniowego/zginania grzbietowego oraz odwodzenia promieniowego/odwodzenia łokciowego u większości badanych nie przekraczają wartości średniej (rys.6, rys.7). Dla obu wykonywanych ruchów w stawie nadgarstkowym badany 18 wykazuje znaczne odchylenie od normy oraz pozostałych badanych, zawyżając przy tym wartość średnią badanej grupy.

Niska wartość współczynnika SI podczas wykonywania ruchu w jednym ze stawów nie oznacza równie niskich wartości w pozostałych stawach. Przykładem może być min. badany 10, który podczas odwodzenia/przywodzenia w stawie ramiennym wykazał wartość współczynnika ponad średnią normatywną 125%, natomiast podczas zginania/prostowania w stawie łokciowym wartość współczynnika SI była bardzo bliska 0%.

Wyniki przeprowadzonych analiz w dużej mierze wskazują na brak symetrii wykonywanych ruchów dla prawej i lewej kończyny górnej wśród badanych zdrowych osób. W związku z powyższym trudno uznać wskaźnik SI jako pomocny w analizie funkcjonowania kończyny górnej, w przeciwieństwie do oceny symetrii kończyn dolnych podczas chodu [15]. Wynika to z faktu, asymetrii funkcjonalnej, co oznacza iż wybrana czynność jest naturalną, wyuczoną i realizowaną na co dzień czynnością jedynie dla jednej z kończyn górnych.

**Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego nr N N504 680140, finansowanego przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego**

LITERATURA

- [1] Andel C.J.A., Wolterbeek N., Doorenbosch C.A.M., Veeger D.J., Harlaar J.: Complete 3D kinematics of upper extremity functional tasks, *Gait & Posture*, vol. 27, 2008, p. 120–127.
- [2] Guzik A., Michnik R., Rycerski W.: The estimation of rehabilitation progress in patients with psychomotor diseases of upper limb based on modeling and experimental research, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, vol. 8(2), 2006, p.79-87
- [3] Guzik-Kopyto A., Michnik R., Wodarski P., Gzik M., Bieniek A.: Wyznaczanie obciążeń w układzie szkieletowo-mięśniowym kończyny górnej na podstawie badań kinematyki z wykorzystaniem inercyjnego systemu pomiarowego, *Modelowanie Inżynierskie*, nr 53, 2014, s. 62-69.
- [4] Guzik-Kopyto A., Wodarski P., Piecko M.: Analiza kinematyki kończyn górnej podczas gry na skrzypcach, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, zeszyt nr 8, 2014, s. 27-32.

- [5] Hajok J., Jurkojć J., Wodarski P., Bieniek A., Gzik M.: Parametry kinematyczne wybranych wzorcowych sekwencji ruchowych wykorzystywanych w terapii klinicznej, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, zeszyt nr 9, 2015, s. 51-56.
- [6] Henmi S., Yonenobu K., Masatomi T., Oda K.: A biomechanical study of activities of daily living using neck and upper limbs with an optical three-dimensional motion analysis system, *Modern Rheumatology*, vol. 16, 2006, p. 289–293.
- [7] Herzog W., Nigg B., Read L., Olsson E.: Asymmetries in ground reaction force patterns in normal human gait, *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21(1):110–4.
- [8] Łopatka M., Guzik-Kopyto A., Michnik R., Rycerski W.: Badania antropometryczne kończyny górnej oraz pomiar siły ścisku dłoni i kciuka, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, zeszyt 6, 2012, s. 93-99.
- [9] Jędrzejowska E.: Dziecko leworęczne na etapie wczesnej edukacji, *Edukacyjne zagrożenia i wyzwania młodego pokolenia*, vol. 16, 2009, s.72-78.
- [10] Michnik R., Jurkojć J., Guzik-Kopyto A., Borek Z., Mynarski W., Rozpara M., Czapla K.: Research into maximal muscle torque carried out in students of the Silesian University of Technology, *Antropometryka* vol. 23, no 64, 2013, p. 141-153.
- [11] Poplewski R.: *Anatomia ssaków*, Spółdzielnia Wydawnicza „Czytelnik”, Warszawa 1948.
- [12] Sadeghi H., Allard P., Prince F., Labelle H.: Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: A review, *Gait Posture*, vol. 12(1), 2000, p. 34–45.
- [13] Trzaskoma Z.: *Maksymalna siła mięśniowa i moc maksymalna kobiet i mężczyzn uprawiających sport zawodowo*, Wydawnictwo AWF, Warszawa 2003.
- [14] Westerhoff P., Graichen F., Bender A., Halder A., Beier A., Rohlmann A., Bergmann G.: In vivo measurements of shoulder joint loads during activities of daily living, *Journal of Biomechanics*, vol. 42, 2009, p. 1840-1849.
- [15] Wit A.: *Wartości normatywne do oceny asymetrii chodu i postawy stojącej człowieka*, Wydawnictwo AWF, Warszawa 2012.

EVALUATION OF SYMMETRY MOVEMENTS OF UPPER LIMB PERFORMED BY HEALTHY PERSONS DURING CUP DRINKING

Abstract: Paper presents experimental results of upper limb kinematics during cup drinking. 18 healthy men were examined in the frame of provided examinations. The aim of work was to determine differences in kinematics between right and left upper limb on the basis of symmetry index in following joints of upper limb: shoulder, elbow and wrist. Research were carried out using kinematic system MVN Biomech Xsens. They allowed to determine ranges of motion, and then indicators of symmetry in the joints of the upper limb. The results of analyzes indicate a lack of symmetry of the movements for the right and left upper limb among the examined healthy individuals.