

Agata GUZIK-KOPYTO<sup>1</sup>, Marta REICH<sup>2</sup>, Andrzej BIENIEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska, Gliwice

<sup>2</sup>Studenckie Koło Naukowe Biomechatroniki „BIOKRETYWNI”

## ANALIZA ZAKRESU RUCHÓW W STAWACH KOŃCZYNY GÓRNEJ PODCZAS SWINGU GOLFOWEGO Z WYKORZYSTANIEM URZĄDZENIA KINECT ORAZ W WARUNKACH RZECZYWISTYCH - BADANIA PILOTAŻOWE

**Streszczenie:** Golf to dyscyplina sportu, wymagająca od gracza bardzo dużej precyzji. Celem niniejszej pracy była analiza kinematyki kończyny górnej podczas swingu golfowego w warunkach rzeczywistych oraz z wykorzystaniem urządzenia Kinect. Pilotażowe badania doświadczalne przeprowadzono na jednej osobie, która wykonywała swing golfowy 10 razy w każdym etapie badań. Po przeprowadzeniu analizy kinematycznej zaobserwowano porównywalne wyniki dla obydwu etapów przeprowadzonych badań. Największą ruchomość podczas wykonywania swingu golfowego zaobserwowano w stawie łokciowym.

**Słowa kluczowe:** golf, wirtualna rzeczywistość, Kinect, kinematyka swingu golfowego

### 1. WSTĘP

Golf to dyscyplina sportowa, która zobowiązuje gracza do przyjęcia odpowiedniej postawy ciała oraz doboru siły podczas wykonania złożonych ściśle określonych ruchów. Z tych względów staje się częstym tematem badań biomechanicznych [5,8,9]. Golf to gra, która z reguły odbywa się bez udziału sędziego czy arbitra. Zależy więc ona od lojalności przeciwnika, jego szacunku do drugiego gracza oraz sportowej postawy. Polega na sprowadzeniu piłeczki do dołka w jak najmniejszej liczbie uderzeń za pomocą kija golfowego [13]. Pełen swing golfowy składa się z kilku faz (Rys.1): *setup*, *takeaway*, *backswing*, *downswing* oraz *follow through*.



Rys.1. Fazy swingu golfowego [14]

Podczas wykonywania swingu golfowego bardzo ważne jest przyjęcie odpowiedniej postawy ciała – *setup*, która stanowi pierwszy etap pełnego swingu golfowego. Prawidłowa postawa zawodnika to taka, w której stopy rozstawione są na szerokość ramion, a palce stóp skierowane są na zewnątrz. Ciężar ciała powinien być rozmieszczony równomiernie na dwie stopy, kończyny dolne należy lekko ugiąć w stawie kolanowym, aby uzyskać prawidłową rotację. Plecy w prawidłowej postawie należy utrzymać wyprostowane, łopatki należy ściągnąć do tyłu i lekko pochylić się w przód. Głowa wraz z szyją i ramionami powinna być rozluźniona [14]. Hume i współl. [5] w swojej pracy przedstawili jak chwyt kija golfowego wpływa na szybkość i dokładność uderzenia. Drugi etap to *takeaway*. Polega on na odprowadzeniu całym ciałem (ręce, barki, tułów) kija od piłki. Następnie rozpoczyna się faza *backswing*. Celem tej fazy jest doprowadzenie kija maksymalnie w prawo, w górę (dla graczy praworęcznych) oraz w lewo w górę (dla graczy leworęcznych). Koniec rączki kija powinien przyjąć pozycję równoległą do ziemi (dla graczy elastycznych) lub niepełną równoległą (dla graczy mniej elastycznych). Czwarty etap to *downswing*, którego celem jest doprowadzenie kija ze szczytu *backswingu* do kontaktu z piłką, natomiast ostatni etap to *follow through*, gdzie kij powinien w swobodny sposób być prowadzony po łuku, aż do zarzucenia na plecy [1].

Celem pracy była analiza kinematyki kończyny górnej podczas wykonywania swingu golfowego w warunkach rzeczywistych oraz z wykorzystaniem urządzenia Kinect. Badania przeprowadzone w pracy miały charakter pilotażowy.

## 2. METODYKA BADAŃ

Badania doświadczalne przeprowadzono z wykorzystaniem systemu do analizy ruchu MVN Biomech firmy XSense (wykorzystującym akcelerometrię) oraz kontrolera ruchu Kinect firmy Microsoft. Zastosowany w badaniu kombinezon MVN Biomech - Rys.2, składa się z pasów zapinanych na rzepy, opaski na głowę, rękawiczek oraz zaczepów na obuwiu. W każdym z wymienionych elementów, umiejscowionych w strategicznych miejscach ciała takich jak głowa, kończyna górna (ramiona, ramię, przedramię), kończyna dolna (udo, podudzie), mostek, miednica, dłonie oraz stopy, znajdują się inercyjne czujniki, dzięki którym wyznaczono wielkości kinematyczne.

Czujnik ruchu konsoli Xbox 360 firmy Microsoft pozwala na odwzorowanie ruchów ciała człowieka i przedstawienie ich w przestrzeni trójwymiarowej. Zasada działania Kinect'a opiera się na technice Motion Capture. Ruch gracza jest przechwytywany w trójwymiarowej przestrzeni i zapisywany w postaci sekwencyjnej. Dzięki temu możliwe jest bardzo dokładne odwzorowanie naturalnych ruchów występujących w czasie gry [12].

Badania doświadczalne obejmowały dwa etapy, pierwszy dotyczył rejestracji swingu golfowego z wykorzystaniem urządzenia Kinect oraz gry "Kinect Sports: Season 2" (etap K – Rys.3), drugi z kolei obejmował wykonanie swingu golfowego w warunkach rzeczywistych z użyciem kija golfowego oraz maty do gry w golfa (etap R - Rys.4). Celem każdego z etapów badania była rejestracja kinematyki podczas wykonywanego swingu golfowego.



Rys.2. Kombinezon MVN Biomech



Rys.3. Etap K



Rys.4. Mata do gry w golfa wykorzystana w badaniach rzeczywistych (etap R)

Do wykonania swingu golfowego konieczny był prawidłowy *setup*, czyli przyjęcie prawidłowej pozycji wyjściowej.

Pilotażowe badania doświadczalne przeprowadzone zostały na jednej osobie. Była to kobieta w wieku 21 lat, o wzroście 168 cm i masie ciała równej 68 kg, bez przebytych kontuzji oraz dysfunkcji aparatu ruchu, aktywna fizycznie, lecz niegrająca zawodowo w golfa.

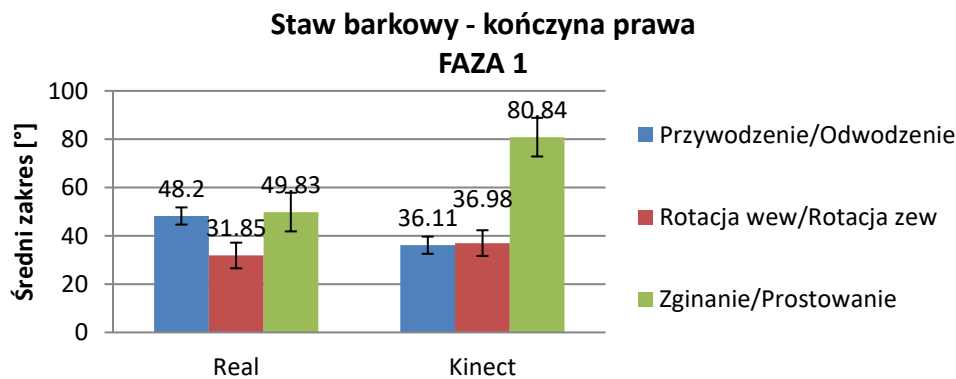
Badana osoba wykonywała swing golfowy 10 razy w każdym etapie badań. Określenie zakresu ruchu w stawach kończyny górnej umożliwiła autorska aplikacja opracowana w środowisku Matlab, która pozwala na uzyskanie informacji o ruchomości stawów kończyny górnej, tj. stawu barkowego, łokciowego oraz nadgarstkowego. W stawie barkowym analizowane były ruchy przywodzenia i odwodzenia, rotacji wewnętrznej i rotacji zewnętrznej oraz zginania i prostowania. W stawie łokciowym analizowane były ruchy zginania i prostowania oraz supinacji i pronacji, natomiast w stawie nadgarstkowym analizie poddano ruchy zginania dłoniowego i zginania grzbietowego, a także odwodzenia promieniowego i odwodzenia łokciowego. Działanie aplikacji opiera się na generowaniu wykresów wartości kątów w stawach kończyny górnej w momencie wykonywania różnych ruchów oraz wyznaczeniu minimum i maksimum tych kątów, a następnie całkowitego zakresu ruchu w danym stawie (Rys. 5).



Rys. 5. Przykładowa analiza kinematyczna swingu golfowego dla stawu barkowego w fazie 1

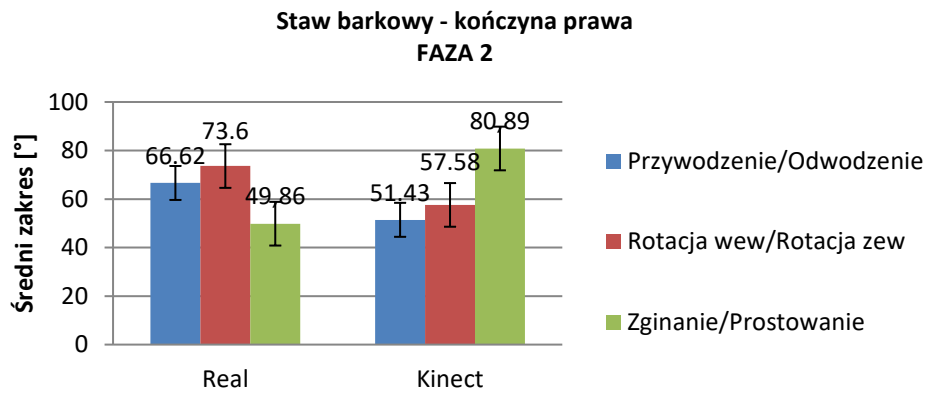
### 3. PREZENTACJA WYNIKÓW

Przeprowadzone pomiary kinematyki podczas wykonywania swingu golfowego, pozwoliły na wyznaczenie zakresów ruchu w stawach kończyny górnej: barkowym, łokciowym i nadgarstkowym. Analizie poddano dwie fazy ruchu swingu golfowego, faza 1 polegała na ruchu kończyny górnej od pozycji wyjściowej (faza *setup*) do osiągnięcia maksymalnego jej uniesienia w płaszczyźnie czołowej (faza *backswing*). Faza 2 z kolei dotyczyła zakresu ruchu od fazy *backswing* do kończącej swing golfowy fazy *follow through*.

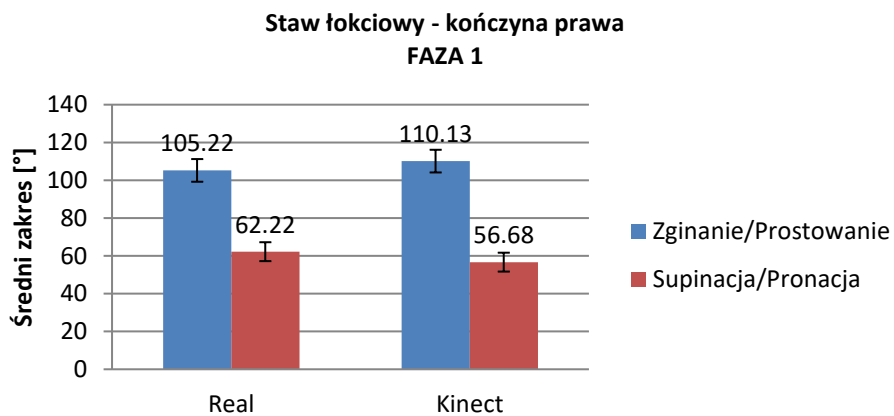


Rys. 6. Średni zakres ruchomości stawu barkowego kończyny prawej w fazie 1

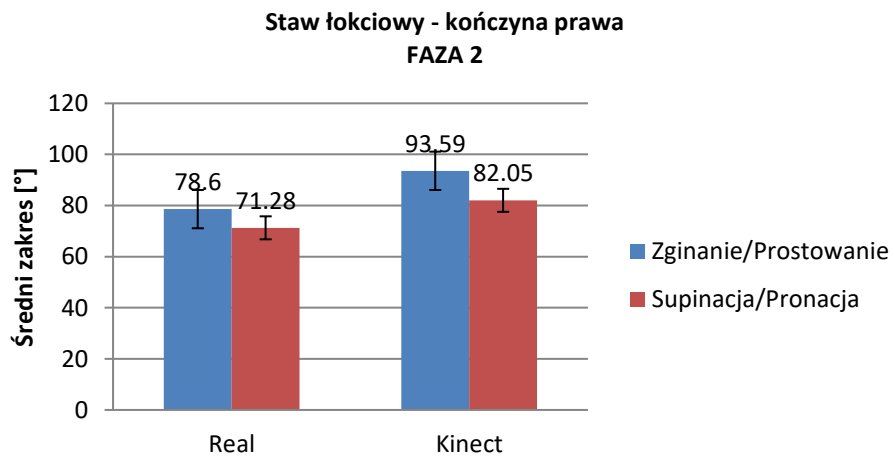
Na prezentowanych wykresach (Rys. 6 - Rys. 11) zakresy ruchów w poszczególnych stawach kończyny górnej uzyskanych dla warunków rzeczywistych (Real) i symulacji ruchu z wykorzystaniem urządzenia Kinect.



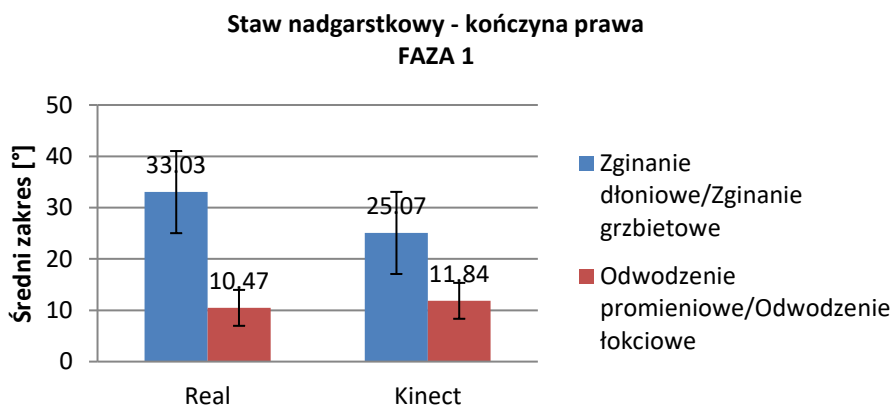
Rys.7. Średni zakres ruchomości stawu barkowego kończyny prawej w fazie 2



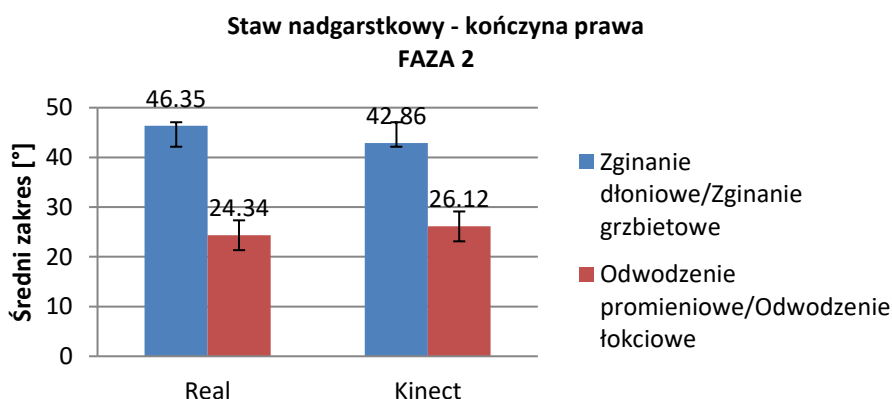
Rys.8. Średni zakres ruchomości stawu łokciowego kończyny prawej w fazie 1



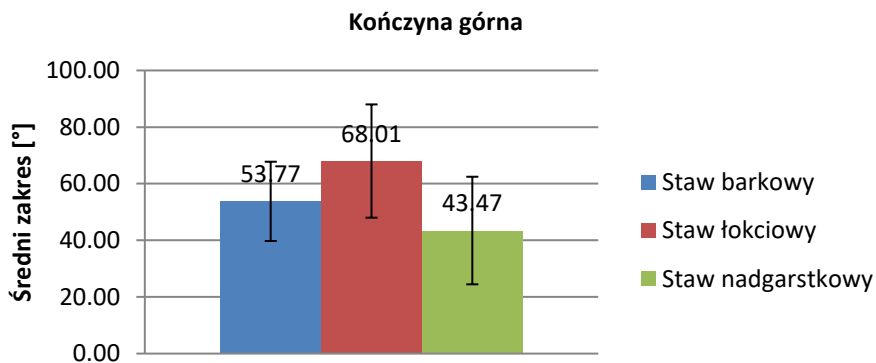
Rys.9. Średni zakres ruchomości stawu łokciowego kończyny prawej w fazie 2



Rys.10. Średni zakres ruchomości stawu nadgarstkowego kończyny prawej w fazie 1



Rys.11. Średni zakres ruchomości stawu nadgarstkowego kończyny prawej w fazie 2



Rys.12. Porównanie średnich zakresów ruchu dla wszystkich stawów kończyny górnej

#### 4. PODSUMOWANIE

Golf to gra, która wymaga dużego doświadczenia ze strony gracza, jak i bardzo dobrej techniki. Odpowiednio dobrany trening wspomaga nie tylko skuteczność i dokładność uderzeń, ale także zwiększa komfort psychiczny gracza. Obecnie, systemy do analizy ruchu

mają szerokie zastosowanie zarówno do monitorowania stanu zdrowia, badań dotyczących aktywności fizycznej, jak również szeroko rozumianych badań biomechanicznych [1,3,4,6,7,8,10]. Kinematyka swingu golfowego jest częstym obiektem zainteresowań naukowców, ze względu na popularność gry w golfa zarówno w stopniu amatorskim jak i zawodowym. Noiunkar [9] wraz z zespołem wykorzystał system MOCAP bazujący na technice *motion capture* w celu sprawdzenia stopnia odwzorowania ruchów podczas wykonywania swingu golfowego. W badaniu wykorzystano system optyczny, którego działanie opiera się na zasadzie światła odbitego od markerów przypiętych do osoby badanej oraz umiejscowionych na kiju golfowym. Na podstawie pozyskanych obrazów oraz odpowiedniej obróbce uzyskano model 3D sylwetki gracza. Następnie przeprowadzono ocenę dokładności i poprawności odwzorowania ruchów na podstawie 5-cio stopniowej skali. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż optyczny system MOCAP w umiarkowany sposób odzwierciedla model rzeczywisty osoby badanej, nie jest to jednak ruch w pełni naturalny [9]. Wartości uzyskanych kątów oraz prędkości kątowych podczas wykonywania swingu golfowego stały się przedmiotem badań Ueda i współ [11]. W badaniu wykorzystano system DLT (Direct Linear Transformation), którego działanie opiera się na pomiarze światła odbitego od markerów umiejscowionych na kiju golfowym, a następnie jego analizie za pomocą transformacji liniowej. Uzyskane wartości porównane zostały z danymi pochodzącymi z systemu VICON, które zostały uznane jako wartości referencyjne. Na podstawie analizy porównawczej stwierdzono, iż odwzorowanie ruchów było w dużym stopniu dokładne [11].

W niniejszej pracy również wykorzystano system do analizy ruchu podczas badania kinematyki kończyn górnych w trakcie wykonywania swingu golfowego. Na podstawie przeprowadzonych analiz, odnotowano, iż największy zakres ruchu stawu barkowego kończyny prawej w fazie 1 dotyczy zginania i prostowania (Rys. 6), natomiast w fazie 2 jest to uzależnione od warunków badania (etap R i K) - Rys. 7. Staw łokciowy, natomiast, posiada największą ruchomość przy wykonywaniu ruchów zginania oraz prostowania (Rys. 8 i Rys. 9), natomiast uzyskane wartości kątowe dla etapów R i K są porównywalne. Staw nadgarstkowy posiada największą ruchomość dla ruchu zginania dłoniowego i grzbietowego. Dla etapów R i K otrzymane wartości są w dużym stopniu zbliżone, natomiast dla fazy 2 wartości te są wyższe niż dla fazy 1 (Rys. 10, Rys. 11). Po przeprowadzeniu analizy kinematycznej zaobserwowano wyższe wartości kątowe dla fazy 2 dla wszystkich stawów kończyny górnej. Największą ruchomość podczas wykonywania swingu golfowego zaobserwowano w stawie łokciowym ( $68,01^\circ$ ), natomiast najmniejszą w stawie nadgarstkowym ( $43,47^\circ$ ) - Rys. 12. W związku z tym, iż przeprowadzone badania miały charakter pilotażowy, w celu uzyskania dokładniejszych wyników, należałoby je przeprowadzić dla większej grupy badanych osób oraz osób grających w golfa.

## LITERATURA

- [1] Bereska M., Baryń B., Piecko M., Śmiech M., Michnik R., Guzik-Kopyto A.: Analiza kinematyki kończyny górnej podczas rzutu lotką dart, Aktualne Problemy Biomechaniki, zeszyt nr 8, Zabrze 2014, s.13-16.
- [2] Czupryna K.: Skuteczna gra w golfa. Tom 1: Technika, strategia, nauczanie, trening", Wydawnictwo PZG, 2014.
- [3] Golas K, Król H.: Aktywność bioelektryczna mięśni obręczy barkowej a kinematyka wyciskania sztangi leżąc, Aktualne Problemy Biomechaniki, zeszyt nr 4, Zabrze 2010, s.45-50.

- [4] 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.
- [5] Hume P., Keogh J., Reid D.: The role of Biomechanics in Maximising Distance and Accuracy of Golf Shots, *Sport Med*, vol 3 (5), 2005, p.429-449.
- [6] Kolahi A. Hoviattalab M., Rezaeian T., Alizadeh M.: Design of a marker - based human motion tracking system, *Biomedical Signal Processing and Control*, vol 2 (1), 2007, p.59-67.
- [7] Mazurkiewicz A., Iwańska D.: Biomechanics of figure skating jump double axel performed in on ice and off ice conditions, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, zeszyt nr 9, Zabrze 2015, s.83-88.
- [8] Nesbit, S. M.: A three dimensional kinematic and kinetic study of the golf swing. *Journal of Sports Science and Medicine* 4, 2005, p.499-519.
- [9] Noiumkar S., Tirakoat S.: Use of Optical Motion Capture in Sports Science: A case study of Golf Swing,” *Proceedings of International Conference on Informatics and Creative Multimedia*, 2013, p.310-315.
- [10] Turner-Stokes L., Reid K.: Three-dimensional motion analysis of upper limb movement in the bowing arm of string-playing musicians, *Clinical Biomechanics*, vol. 14, 1999, p.426- 433.
- [11] Ueda M., Negoro H., Kurihara Y., Watanabe K.: Measurement of Angular Motion in Golf Swing by a Local Sensor at the Grip End of a Golf Club, vol. 43(4), 2013, p.390-404.
- [12] Zeng Z., *Microsoft Kinect Sensor and Its Effect*, *IEEE MultiMedia*, vol. 10(2), 2012, p.4-10.
- [13] <http://pzgolf.pl/>. [Data uzyskania dostępu: 5 Listopad 2015].
- [14] <https://embodypilates.wordpress.com/tag/golf-swing/>. [Data uzyskania dostępu: 22 Wrzesień 2016].
- [15] <http://www.golfpl.com/2014/08/rytm/>. [Data uzyskania dostępu: 11 Listopad 2015].

## **ANALYSIS OF THE RANGE OF MOTION AT THE UPPER LIMB'S JOINTS DURING GOLF SWING USING THE KINECT DEVICE AND IN REAL CONDITIONS - PILOT STUDY**

**Abstract:** Golf is a sport discipline, which require of the player very high precision. The aim of this study was the kinematic analysis of the upper limb during golf swing using the Kinect device and in real conditions. Pilot experimental studies were carried out on the one person, who was obligated to perform swing golf 10 times in every stage of research. Kinematic analysis has shown that the results for both phases were comparable. The greatest mobility during golf swing was observed in the elbow's joint.