

Izokinetyczna ocena parametrów biomechanicznych kompleksu barkowego u piłkarzy ręcznych

Marcin Kwiatkowski¹, Dorota Szydlak², Tadeusz Gaździk³, Anna Famuła⁴, Weronika Gallert-Kopyto², Jacek Sołtys⁴, Ryszard Plinta⁵, Zbigniew Sprada⁵

¹ Rotational Physiotherapist, Central London Community Healthcare, London

² Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Zakład Fizjoterapii Katedry Fizjoterapii, Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

³ Katedra Ortopedii i Fizjoterapii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

⁴ Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Zakład Kinezylogii Katedry Fizjoterapii, Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

⁵ Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Zakład Adaptowanej Aktywności Ruchowej i Sportu Katedry Fizjoterapii, Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

STRESZCZENIE

Sporty wymagające od zawodników takich czynności jak np. rzucanie ponad głowę, wymuszają od stawu ramiennego znacznej ruchomości, często dochodzącej do końcowych zakresów ruchu możliwych do osiągnięcia. W takiej sytuacji brak koordynacji i współpracy wszystkich składowych obręczy barkowej, począwszy od połączeń stawowych, kończąc na równowadze mięśniowej, będzie skutkowało posługiwaniem się nieprawidłowym wzorcem ruchowym. Patologiczny wzorzec ruchowy, wielokrotnie powielany, nieuchronnie prowadzi do utrwalenia patologicznych nawyków ruchowych, a stąd już tylko krok do urazu w obrębie narządu ruchu. Obecnie dużym ułatwieniem dla zespołu leczącego jest zastosowanie nowoczesnego sprzętu, który pozwala na wszechstronną ocenę uszkodzenia, a także na wykorzystanie go do kompleksowej rehabilitacji. Jednym z bardziej interesujących sposobów postępowania medyczno-rehabilitacyjnego jest koncepcja diagnostyki i ćwiczeń izokinetycznych.

W związku z powyższym celem pracy było wykazanie różnic wybranych parametrów badania izokinetycznego pomiędzy kończyną górną dominującą urazową, a niedominującą, wśród osób zawodowo uprawiających piłkę ręczną.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wartości parametrów izokinetycznych osiągnięte przez kończynę dominującą urazową w grupie badanej były większe niż wartości osiągnięte przez kończynę niedominującą, co wskazuje na umiejętność uruchamiania mechanizmów kompensacyjno-adaptacyjnych.

Słowa kluczowe: obręcz barkowa, badanie izokinetyczne, piłka ręczna

Address for correspondence: Dr n. med. Dorota Szydlak
Zakład Fizjoterapii Katedry Fizjoterapii WNOZ w Katowicach
tel. 608 071 235; e-mail: dszydlak@interia.eu

Word count: 3253 **Tables:** 6 **Figures:** 0 **References:** 24

Received: 02.11.2016

Accepted: 20.11.2016

WSTĘP

Funkcjonowanie kończyny górnej uzależnione jest od prawidłowego współdziałania wszystkich struktur tworzących kompleks barkowy. Nadrzednym celem całego mechanizmu jest swobodne manipulowanie kończyną górną, zaczynając od stawu ramiennego, a kończąc na dłoni. Zaburzenie funkcjonowania jednego elementu w mechanizmie kompleksu barkowego będzie przenosić się na nieprawidłowe funkcjonowanie w stawach sąsiednich. Sporty wymagające od zawodników takich czynności jak np. rzucanie ponad głowę, wymuszają od stawu ramiennego znacznej ruchomości, nie tylko dochodzącej do końcowych zakresów ruchu możliwych do osiągnięcia ale często je przekraczających. W takiej sytuacji brak koordynacji i współpracy wszystkich składowych obręczy barkowej, począwszy od połączeń stawowych, kończąc na równowadze mięśniowej, będzie skutkowało posługiwaniem się nieprawidłowym wzorcem ruchowym. Patologiczny wzorzec ruchowy, wielokrotnie powielany, nieuchronnie prowadzi do utrwalenia patologicznych nawyków ruchowych, a stąd już tylko krok do urazu w obrębie narządu ruchu. Wygórowany zakres ruchomości, który jest niezbędny aby rzucić piłkę, realizowany jest poprzez synchroniczną i skoordynowaną współpracę ruchów we wszystkich stawach obręczy barkowej, głównie w stawie ramiennym oraz łopatkowo – piersiowym [1-3]. Dopóki zwiększony zakres ruchu jest kontrolowany w granicach zdolności kompensacyjno – adaptacyjnych zawodnika może stanowić duży atut, gdyż pozwala na wygenerowanie większego momentu siły, co w konsekwencji przekłada się na jakość rzutu.

Obecnie dużym ułatwieniem dla zespołu leczącego jest zastosowanie nowoczesnego sprzętu, który pozwala na wszechstronną ocenę uszkodzenia, a także na wykorzystanie go do kompleksowej rehabilitacji. Jednym z bardziej interesujących sposobów postępowania medyczno-rehabilitacyjnego jest koncepcja diagnostyki i ćwiczeń izokinetycznych. Jak podaje Thistle i in., skurcz izokinetyczny to dynamiczny skurcz mięśnia, odbywający się przy stałej prędkości kątowej. Jedynym zmiennym parametrem jest opór, który dostosowuje się do siły, jaką generuje pacjent. Opór ten wytwarzany jest przez dynamometr izokinetyczny. Całość sprzętu połączona jest z komputerem, na którym ustawia się pożądane wartości, w tym prędkość kątową czy ustawienie kończyny [4].

Do niedawna komputery pozwalały jedynie na uzyskanie podstawowych informacji, takich jak całkowita praca czy wytrzymałość testowanej kończyny. Obecnie, wraz z postępem technologicznym, stało się możliwe badanie bardziej szczegółowych parametrów. Do nich należą między innymi możliwość zbadania konkretnej, wyizolowanej grupy mięśniowej, możliwość wyboru badanego skurczu pomiędzy koncentrycznym a ekscentrycznym, czy wreszcie możliwość pracy w zamkniętym lub otwartym łańcuchu kinematycznym. Jak każda metoda tak i ta ma swoich przeciwników. Wśród ich poglądów na pierwszy plan wysuwają się głównie zarzuty co do warunków pracy mięśniowej i dostosowującego się oporu – sugerują oni, że praca taka odbywa się w sztucznie wytworzonych warunkach, co jest niezgodne z fizjologiczną, codzienną aktywnością człowieka. Patrząc jednak na badania w tym zakresie z ostatnich lat, można stwierdzić, że metoda ta przynosi wiele korzyści zarówno w celach diagnostycznych, gdzie dane z pomiarów dostarczają szereg informacji odnośnie wybranych parametrów biomechanicznych mięśni oraz pozwalają na graficzne zilustrowanie pomiarów, czy w celach terapeutycznych, gdzie możliwe jest wykorzystanie dostosowującego się oporu do generowanych możliwości pacjenta, co sprawia, że istnieje pełne bezpieczeństwo stosowania ćwiczeń izokinetycznych na każdym etapie rehabilitacji [4-6].

W związku z powyższym celem pracy było wykazanie różnic wybranych parametrów badania izokinetycznego pomiędzy kończyną górną dominującą, a niedominującą, wśród osób zawodowo uprawiających piłkę ręczną. W celu precyzyjnego określenia i zbadania problemu, postawiono następujące pytania badawcze:

- 1) Czy istnieją różnice pomiędzy kończyną górną dominującą urazową, a niedominującą wśród wybranych parametrów biomechanicznych?
- 2) Czy wcześniejszy uraz w obrębie kompleksu barkowego ma wpływ na osiągnięte wyniki?
- 3) Która z prędkości kątowych badania izokinetycznego (180°/s czy 300°/s) ma większy wpływ na osiągnięte wyniki?

MATERIAŁ I METODY

Na badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach KNW/0022/KB1/65/12.

W badaniu wzięło udział 20 osób zawodowo grających w piłkę ręczną w wieku 19-27 lat ($\bar{x} = 26,55 \pm 4,05$). U wszystkich zawodników zdiagnozowano uraz w obrębie stawu ramiennego oraz zakończono proces leczenia. Średnie BMI w obrębie grupy wynosiło $\bar{x} = 25,45 \pm 1,43$, a staż zawodniczy $\bar{x} = 16,06 \text{ lat} \pm 4,95$ lat. Badanie przeprowadzono w Centrum Fizjoterapii „Fizjofit” w Gliwicach, po uprzednim uzyskaniu pisemnej zgody zawodników. Cała grupa badawcza reprezentowała najwyższy poziom sportowy, będąc przedstawicielami klubów z ekstraklasy. Uczestników badania poinformowano o charakterze i celu badania, a także o pełnej możliwości przerwania testu w każdym momencie na żądanie badanego.

Kryteria włączenia do grupy badanej:

1. Wyrażenie świadomej pisemnej zgody na wzięcie udziału w badaniu.
2. Zdiagnozowany uraz w obrębie stawu ramiennego.
3. Zakończony proces leczenia urazu w obrębie stawu ramiennego.
4. Osoby zawodowo grające w piłkę ręczną.

Kryteria wyłączenia z grupy badanej:

1. Brak świadomej zgody na udział w badaniu.
2. Niezakończony proces leczenia urazu w obrębie stawu ramiennego.

U każdego badanego dokonano oceny rotatorów wewnętrznych i zewnętrznych w dwóch kończynach górnych, w warunkach pracy koncentrycznej, według standardowego protokołu izokinetycznego. Bilateralna ocena polegała na wykonaniu 5 ruchów rotacji wewnętrznej i zewnętrznej przy prędkości kątowej 180°/s, oraz 10 powtórzeń przy prędkości 300°/s. Dodatkowo polecono badanym wykonanie 2 powtórzeń próbnych przed każdą z serii, w celu zaznajomienia ich z przebiegiem testu i zmieniającymi się warunkami badania. Pomiędzy kolejnymi

seriami, zgodnie z protokołem izokinetycznym, obowiązywała 60-sekundowa przerwa na odpoczynek.

Badanie wykonano w pozycji siedzącej. Testowaną kończynę górną ustawiano w odwiezieniu do 90°, zgięciu w stawie łokciowym 90° wraz z jego podparciem dla ustabilizowania pozycji, następnie w zgięciu horyzontalnym 30°, co zapewniało zachowanie prawidłowych stosunków biomechanicznych w obrębie łopatki, zgodnie z którymi oś obrotu dynamometru znajdowała się w osi obrotu stawu ramiennego w płaszczyźnie łopatki. Stabilizację w obrębie dłoni w badanej kończynie uzyskano poprzez uchwyt za rączkę w dystalnej części ramienia dźwigni dynamometru. Stabilizację tułowia i klatki piersiowej zapewniały dwa pasy, skośnie ustawione do siebie. Pozwoliło to uniknąć współruchów tułowia i wyizolować czysty ruch w stawie ramiennym. W czasie badania posłużono się licznymi komendami słownymi, motywując badanych do intensywnej pracy, co zgodne jest z metodyką pomiarów izokinetycznych.

Przed przystąpieniem do testowania przeprowadzono rozgrzewkę. Składała się na nią: 10 minutowa jazda na cycloergometrze rowerowym lub rowerze eliptycznym oraz 2 ćwiczenia na urządzeniu Keiser Functional Trainer, jedno dla rotacji wewnętrznej, drugie dla rotacji zewnętrznej. Ćwiczenia wykonano w 2 seriach po 12 powtórzeń dla każdej z rotacji.

W czasie testu oceniano wartości trzech parametrów badania izokinetycznego: szczytowego momentu siły (Peak Torque), średniej mocy (Average Power) oraz całkowitej pracy (Total Work) wykonanej przez rotatory wewnętrzne i zewnętrzne stawu ramiennego.

W analizie statystycznej posłużono się programem Statistica 8.0. Do określenia poziomu

szczytowego momentu siły, całkowitej pracy i średniej mocy w każdej rotacji o prędkości kątowej 180°/sek i 300°/sek dla kończyny dominującej i niedominującej wyznaczono charakterystyki liczbowe: średnią, odchylenie standardowe oraz 95% przedział ufności.

Przed rozpoczęciem procesu analitycznego wykonano test Kruskala-Walisa, w którym nie wykazano normalności rozkładów z poziomem istotności $p > 0,05$. Posłużyło to do obrania nieparametrycznych metod statystycznych w analizie statystycznej.

Do oceny czy poziom szczytowego momentu siły, całkowitej pracy i średniej mocy różni się istotnie pomiędzy kończyną uszkodzoną i zdrową w populacji badanej zastosowano analizę ANOVA Friedmana dla zmiennych zależnych.

Do oceny występowania zależności bądź ich braku pomiędzy kończyną dominującą urazową a niedominującą podczas szczytowego momentu siły, całkowitej pracy i średniej mocy u osób badanych dla każdej z rotacji zastosowano korelacje rang Spearmana.

WYNIKI

Poniżej przedstawiono wyniki badania izokinetycznego z użyciem urządzenia Biodex System 3. Badanie przeprowadzone zostało według standardowego protokołu izokinetycznego z zachowaniem odpowiedniej metodyki badania.

Poziom badanych parametrów izokinetycznych w grupie badanej w rotacji zewnętrznej przy prędkości kątowej 180°/sek był niższy dla kończyny niedominującej. Analiza wariancji pokazuje, że różnice pomiędzy wszystkimi analizowanymi parametrami izokinetycznymi są nieistotne statystycznie.

Tab. 1. Charakterystyka badanej grup

	WIEK (lata)	WAGA (kg)	WZROST (cm)	STAŻ ZAWODNICZY (in years)	BMI
BADANA GRUPA	26,55 ± 4,05	88,15 ± 11,74	1,86 ± 0,1	16,06 ± 4,95	25,45 ± 1,43

Tab. 2. Charakterystyka grupy badanej pod kątem częstotliwości występowania urazów

RODZAJ URAZU	
Uszkodzenie stożka rotatorów	7 osób – 35%
Naderwanie więzadła kruczego	3 osoby – 15%
Stłuczenie okolic barku	2 osoby – 10%
Naderwanie mięśni	2 osoby – 10%
Niestabilność lekka	2 osoby – 10%
Naderwanie mięśni z uszkodzeniem stożka rotatorów	2 osoby – 10%
Naderwanie mięśni ze stłuczeniem obręczy barkowej	2 osoby – 10%

Z kolei w przypadku analizy parametrów izokinetycznych w grupie badanej w rotacji wewnętrznej przy prędkości kątowej 180°/sek. poziom analizowanych parametrów izokinetycznych był również niższy dla kończyny niedominującej ale analiza wariancji pokazuje, że różnice pomiędzy szczytowym momentem siły, całkowitą pracą oraz średnią mocą obu kończyn są istotne na poziomie $p=0,002$.

Poziom badanych parametrów izokinetycznych w grupie badanej w rotacji zewnętrznej przy prędkości kątowej 300°/sek był niższy dla kończyny niedominującej. Analiza wariancji pokazuje, że różnice pomiędzy szczytowym momentem siły w grupie badanej są istotne na poziomie $p=0,03$, natomiast analiza wariancji dla całkowitej pracy oraz średniej mocy wykazała brak istotności statystycznej na poziomie $p=0,18$.

Z kolei w przypadku analizy parametrów izokinetycznych w grupie badanej w rotacji wewnętrznej przy prędkości kątowej 300°/sek. poziom analizowanych parametrów izokinetycznych był również niższy dla kończyny niedominującej ale analiza wariancji pokazuje, że różnice pomiędzy szczytowym momentem siły, całkowitą pracą oraz średnią mocą obu kończyn są istotne statystycznie na poziomie $p=0,002$.

Z powyższych danych wynika, że poziom szczytowej mocy mięśniowej był silnie istotnie skorelowany pomiędzy kończyną dominującą urazową a niedominującą dla każdej z rotacji przy prędkości kątowej 180°/sek. W grupie badanej korelacje były wyższe dla rotacji wewnętrznej $r=0,92$ niż dla rotacji zewnętrznej $r=0,68$. Analiza korelacji pokazuje, że wszystkie zależności pomiędzy szczytową mocą mięśniową kończyn były istotne na poziomie $p<0,001$.

Z powyższych danych wynika również, że poziom całkowitej pracy był silnie istotnie skorelowany pomiędzy kończyną dominującą urazową a niedominującą dla każdej z rotacji przy prędkości kątowej 180°/sek. W grupie badanej korelacje były wyższe dla rotacji wewnętrznej $r=0,97$ niż dla rotacji zewnętrznej $r=0,64$. Analiza korelacji pokazuje, że wszystkie zależności pomiędzy całkowitą pracą kończyn były istotne na poziomie $p<0,003$.

Z powyższych danych wynika, że średnia moc była silnie istotnie skorelowana pomiędzy kończyną dominującą urazową a niedominującą dla każdej z rotacji przy prędkości kątowej 180°/sek. W grupie badanej korelacje były wyższe dla rotacji wewnętrznej $r=0,92$ niż dla rotacji zewnętrznej $r=0,60$. Analiza korelacji pokazuje,

że wszystkie zależności pomiędzy średnią mocą kończyn były istotne na poziomie $p<0,006$.

Z powyższych danych wynika, że poziom szczytowej mocy mięśniowej był silnie istotnie skorelowany pomiędzy kończyną dominującą urazową a niedominującą dla każdej z rotacji przy prędkości kątowej 300°/sek. W grupie badanej korelacje były wyższe dla rotacji wewnętrznej $r=0,92$ niż dla rotacji zewnętrznej $r=0,84$. Analiza korelacji pokazuje, że wszystkie zależności pomiędzy szczytową mocą mięśniową kończyn były istotne na poziomie $p<0,000004$.

Z powyższych danych wynika, że poziom całkowitej pracy był silnie istotnie skorelowany pomiędzy kończyną dominującą urazową a niedominującą dla każdej z rotacji przy prędkości kątowej 300°/sek. W grupie badanej korelacje były wyższe dla rotacji wewnętrznej $r=0,94$ niż dla rotacji zewnętrznej $r=0,82$. Analiza korelacji pokazuje, że wszystkie zależności pomiędzy całkowitą pracą kończyn były istotne na poziomie $p<0,00002$.

Z powyższych danych wynika, że średnia moc była silnie istotnie skorelowana pomiędzy kończyną dominującą urazową a niedominującą dla każdej z rotacji przy prędkości kątowej 300°/sekw. W grupie badanej korelacje były wyższe dla rotacji wewnętrznej $r=0,88$ niż dla rotacji zewnętrznej $r=0,76$. Analiza korelacji pokazuje, że wszystkie zależności pomiędzy średnią mocą kończyn były istotne na poziomie $p<0,0002$.

DYSKUSJA

Wiele badań biomechanicznych i elektromiograficznych potwierdza kluczową rolę stożka rotatorów podczas wszelkiej aktywności stawu ramiennego (Speer, 1995) [7]. Do jego głównych zadań należy m.in. dynamiczna stabilizacja głowy kości ramiennej w panewce stawu, jak również przyspieszanie oraz wyhamowywanie stawu ramiennego podczas rzutów kończyną górną. Wśród sportowców wykonujących rzuty ponad głowę, odwiedzone i zrotowane na zewnątrz ramię, podczas fazy wymachu i przygotowania piłki do rzutu, wymaga dynamicznej, skoordynowanej i zsynchronizowanej współpracy układu mięśniowego i nerwowego, dla zachowania odpowiedniej kongruencji głowy kości ramiennej w panewce stawu ramiennego [8-10].

Najistotniejszą umiejętnością w piłce ręcznej, pozwalającą zaistnieć na najwyższym poziomie sportowym, jest umiejętność precyzyjnego oddawania rzutów. Wiąże się z tym konieczność

posiadania przez zawodnika odpowiedniej siły i mocy w obrębie kończyn górnych, ale także w obrębie tułowia i kończyn dolnych, które współpracując z kończynami górnymi, przenoszą energię kinetyczną przez łańcuchy kinematyczne w rejon obręczy barkowej [10]. W przypadku piłkarza praworęcznego, łańcuch powiązanych ze sobą ogniw bierze swój początek w obrębie lewej stopy, wiedzie przez tułów do prawej kończyny górnej. Toyoshima i wsp. pokazali, że 53,1% wartości prędkości rzutu piłki przypisuje się kończynie górnej, podczas gdy pozostałe 46,9% pochodzi z siły generowanych z kończyny dolnej i skrętu tułowia. Ramię w fazie przyspieszenia pokonuje drogę od pełnej rotacji zewnętrznej do rotacji wewnętrznej [11].

W wyniku wielokrotnie powtarzanych ruchów dochodzi do zmęczenia mięśni i powstawania dysbalansów mięśniowych, które zwiększają ryzyko kontuzji w obrębie kompleksu barkowego. Aktywność sportowa ma zatem istotny wpływ na zaburzenie prawidłowych stosunków anatomicznych w obrębie mięśni

stożka rotatorów [9]. W związku z tym kluczowa wydaje się rola siły i balansu antagonistycznych grup mięśniowych kompleksu barkowego [10].

W związku ze znaczącą rolą mięśni stożka rotatorów, wydaje się słuszne dokonanie obiektywnej oceny siły mięśni rotatorów wewnętrznych i zewnętrznych zarówno w procesie rehabilitacji rzucającego sportowca, jak i w programach treningowych, jako zabezpieczenie przed ewentualnym wystąpieniem kontuzji [8]. Izokinetyczna ocena siły rotatorów stawu ramiennego jest zatem stosowana przez klinicystów i fizjoterapeutów w celu oceny ewentualnych deficytów i dysbalansów mięśniowych w pracy koncentrycznej pomiędzy rotatorami wewnętrznymi a zewnętrznymi [10].

W ciągu ostatnich kilku dekad, ocena izokinetyczna układu mięśniowego pod kątem dysbalansów siłowych była szeroko badana przez naukowców. W dostępnej literaturze można znaleźć liczne badania wśród pływaków (McMaster, Long, & Caiozzo, 1991; Bak & Magnusson, 1997), baseballistów (Brown, Nie-

Tab. 3. Analiza statystyczna dla poszczególnych parametrów izokinetycznych przy prędkości kątowej 180°/sek w ruchach rotacyjnych – grupa badana

ROTACJA ZEWNĘTRZNA 180°/SEK – GRUPA BADANA												
	SZCZYTOWY MOMENT SIŁY (Nm)				CAŁKOWITA PRACA (J)				ŚREDNIA MOC (W)			
	x ±SD	CI		p	x ±SD	CI		p	x ±SD	CI		p
KDU	32,51±6,81	29,32	35,69	0,64	155,88±29,59	29,32	35,69	0,82	49,82±11,62	44,38	55,25	0,37
KND	30.97±4,41	28,9	33,03		149,25±25,41	28,9	33,03		48,09±8,78	43,98	52,19	
ROTACJA WEWNĘTRZNA 180°/SEK – GRUPA BADANA												
	x ±SD	CI		p	x ±SD	CI		p	x ±SD	CI		p
KDU	64,83±14,54	58,02	71,63	0,002	378,43±83,94	339,14	417,71	0,002	378,43±83,94	339,14	417,71	0,002
KND	55,91±10,29	51,09	60,73		321,64±63,99	291,69	351,59		321,64±63,99	291,69	351,59	
KDU – kończyna dominująca urazowa, KND – kończyna niedominująca, x±SD – średnia ±odchylenie standartowe, CI – przedział ufności, p – poziom istotności												

Tab. 4. Analiza statystyczna dla poszczególnych parametrów izokinetycznych przy prędkości kątowej 300°/sek w ruchach rotacyjnych – grupa badana

ROTACJA ZEWNĘTRZNA 300°/SEK – GRUPA BADANA															
	SZCZYTOWY MOMENT SIŁY (Nm)				CAŁKOWITA PRACA (J)				ŚREDNIA MOC (W)						
	x ±SD		CI		p	x ±SD		CI		p	x ±SD		CI		p
KDU	24,37±5,83	21,64	27,09	0,03	188,45±59,44	160,63	216,26	0,18	41,78±14,61	34,94	48,62	0,18			
KND	23,16±4,83	20,9	25,42		177,37±50,55	153,71	201,02		38,94±11,64	33,49	44,39				
ROTACJA WEWNĘTRZNA 300°/SEK – GRUPA BADANA															
	x ±SD		CI		p	x ±SD		CI		p	x ±SD		CI		p
KDU	60,95±12,86	54,92	66,97	0,002	589,1±133,98	526,39	651,8	0,002	125,66±32,43	110,48	140,83	0,002			
KND	54,84±10,09	50,11	59,56		519,31±104,03	470,62	567,99		110,68±26,78	98,15	123,21				
KDU – kończyna dominująca urazowa, KND – kończyna niedominująca, x±SD – średnia ±odchylenie standartowe, CI – przedział ufności, p – poziom istotności															

hues, Harrah, Yavorsky, & Hirshman, 1988; Warner, Micheli, Arslanian, Kennedy, & Kennedy, 1990; Mikesky, Edwards, & Wigglesworth, 1995; Ellenbecker & Mattalino, 1997) czy zawodników grających w piłkę wodną (McMaster, Long, & Caiozzo, 1992) [8, 10, 12-17]. Mnogość prac badawczych dotyczących baseballistów jest wyraźnie dominująca, natomiast ilość prac dotycząca piłkarzy ręcznych jest zdecydowanie mniejsza, co powoduje, że w tej materii wciąż jest wiele niejasności i istnieje potrzeba dalszego rozwoju w tym kierunku.

Badaniom izokinetycznym rotatorów stawu ramiennego oraz porównywaniu wyników poszczególnych badań między sobą towarzyszy nieodłącznie kilka wspólnych problemów. Do najczęstszych zalicza się: różnorodność użytego sprzętu i jego technicznych możliwości, różne ustawienie kończyny górnej podczas testów oraz

przeprowadzenie badań w różnych prędkościach kątowych. Najnowsze badania w dalszym ciągu nie określają jednoznacznie najlepszej pozycji testowania. Edouard i wsp. podają, że wiarygodne wartości szczytowego momentu siły dla rotatorów wewnętrznych i zewnętrznych osiągnięto w pozycji siedzącej, z ramieniem odwiedzionym do kąta 45°, ustawionym w płaszczyźnie łopatki [18]. W związku z przeważającymi w literaturze danymi odnośnie pozytywnych korelacji między ustawieniem ramienia w płaszczyźnie łopatki, a osiąganymi wynikami, w powyższym badaniu wykorzystano ustawienie ramienia płaszczyźnie łopatki, w odwiedzeniu do kąta 90°, w pozycji siedzącej. Pozycja ta wydaje się być najbardziej fizjologiczną i zbliżoną do pozycji, jaką przyjmuje piłkarz ręczny w chwili oddawania rzutu.

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej zauważono, iż wartości badanych

Tab. 5. Korelacje dla rotacji wewnętrznej i zewnętrznej przy prędkości kątowej 180°/sek między kończyną niedominującą a dominującą uszkodzona w grupie badanej dla poszczególnych parametrów izokinetycznych

ROTACJA ZEWNĘTRZNA 180°/SEK			
	SZCZYTOWY MOMENT SIŁY (Nm)	CAŁKOWITA PRACA (J)	ŚREDNIA MOC (W)
	GR B	GR B	GR B
R	0,68	0,64	0,60
p	0,00099	0,0026	0,005
t(N-2)	3,92	3,50	0
ROTACJA WEWNĘTRZNA 180°/SEK			
	SZCZYTOWY MOMENT SIŁY (Nm)	CAŁKOWITA PRACA (J)	ŚREDNIA MOC (W)
	GR B	GR B	GR B
R	0,92	0,97	0,92
p	0,00000	0,00000	0,00000
t(N-2)	9,71	15,62	10,25

GR B – grupa badana, R – korelacja, p – poziom istotności

Tab. 6. Korelacje dla rotacji wewnętrznej i zewnętrznej przy prędkości 300°/sek między kończyną niedominującą a dominującą uszkodzona w grupie badanej oraz dominującą i niedominującą w grupie kontrolnej dla poszczególnych parametrów izokinetycznych

ROTACJA ZEWNĘTRZNA 180°/SEK			
	SZCZYTOWY MOMENT SIŁY (Nm)	CAŁKOWITA PRACA (J)	ŚREDNIA MOC (W)
	GR B	GR B	GR B
R	0,84	0,82	0,76
p	0,00003	0,00001	4,91
t(N-2)	6,62	6,06	0,0001
ROTACJA WEWNĘTRZNA 180°/SEK			
	SZCZYTOWY MOMENT SIŁY (Nm)	CAŁKOWITA PRACA (J)	ŚREDNIA MOC (W)
	GR B	GR B	GR B
R	0,92	0,94	0,88
p	0,00000	0,00001	7,92
t(N-2)	10,25	11,30	0,00000

GR B – grupa badana, R – korelacja, p – poziom istotności

parametrów izokinetycznych zarówno dla rotatorów wewnętrznych jak i zewnętrznych są większe w kończynie dominującej urazowej w porównaniu z kończyną niedominującą dla każdej z badanych prędkości kątowych. Istotność statystyczną opisywanych różnic odnotowano dla szczytowego momentu siły, całkowitej pracy i średniej mocy rotatorów wewnętrznych w obu badanych prędkościach. Podobne wyniki przedstawili Andrade i wsp., którzy ustalili izokinetyczny profil siłowy rotatorów zewnętrznych i wewnętrznych w stawie ramiennym drużyny narodowej piłkarzy ręcznych, zarówno dla kończyny dominującej, jak i niedominującej. Praca koncentryczna w ruchach rotacji wewnętrznej i zewnętrznej była istotnie statystycznie większa w kończynie górnej dominującej niż w kończynie niedominującej we wszystkich prędkościach [10].

Przeprowadzone badanie pokazuje również, że istnieją różnice w wartościach wybranych parametrów izokinetycznych pomiędzy kończyną dominującą, a niedominującą. Rotatory wewnętrzne w kończynie dominującej, niezależnie od prędkości kątowej, za każdym razem okazywały się silniejsze od rotatorów wewnętrznych kończyny niedominującej, co zgodne jest z wynikami badań opisanymi w dostępnym piśmiennictwie. Podobne dysproporcje zauważyli Wang i wsp. badając zawodowych siatkarzy z Wielkiej Brytanii, Silva i wsp. – badając tenisistów na poziomie juniorskim, czy Yildiz i wsp. – w badaniach sportowców rzucających ponad głowę [10,19]. Brown i wsp. wykazali znacząco większą siłę rotacji wewnętrznej w kończynie dominującej wśród profesjonalnych miotaczy, Perrin i współpracownicy wśród miotaczy drużyn akademickich, a Hinton wśród miotaczy szkół średnich. Ellenbecker i Mattalino, badając profesjonalnych miotaczy, również stwierdzili wyraźną różnicę na korzyść rotatorów wewnętrznych kończyny dominującej, w przypadku wartości szczytowego momentu siły i całkowitej pracy [8-10,15,19-21].

Oprócz różnic bilateralnych w wartościach parametrów izokinetycznych, dostrzega się również różnice unilateralne w kończynie dominującej urazowej. Kilka badań, między innymi Wilka i wsp., Cook'a i wsp. czy Hintona pokazują, że stosunek rotacji zewnętrznej/ wewnętrznej w kończynie dominującej wśród miotaczy jest niższy (4-11%) niż w kończynie niedominującej. Różnica ta wynika z obecności większej siły rotacji wewnętrznej w kończynie dominującej bez podobnego efektu dominacji rotacji zewnętrznej podczas testów w zakresie skur-

czów koncentrycznych [1,21-22]. W innych badaniach Codine i wsp. obliczyli stosunki pomiędzy maksymalnymi siłami rotatorów wewnętrznych do zewnętrznych u osób nietreningujących oraz u sportowców różnych dyscyplin [23]. U osób nietreningujących stosunek ten był w granicach 1.3 do 1.5, natomiast np. u baseballistów 1.6 do 2.2, u których wyraźna dysproporcja istniała między rotatorami w kończynie dominującej [8]. W przeprowadzonych badaniach zauważono podobną zależność, w której widocznie zarysowana jest przewaga rotatorów wewnętrznych nad zewnętrznymi w badanych parametrach izokinetycznych dla każdej kończyny, przy prędkości kątowej 180°/sek, i 300°/ sek.

Znaczenie różnicy pomiędzy siłą rotatorów zewnętrznych i wewnętrznych zostało opisane przez Warnera i wsp. Przeprowadzili oni badanie izokinetyczne rotatorów u pacjentów z niestabilnością stawu, z ciasnotą podbarkową oraz u zdrowych pacjentów. Stopień balansu mięśniowego między rotacją zewnętrzną a wewnętrzną różnił się w zależności od obecności stanu patologicznego tkanek bądź jego braku [16]. Obecność niższych wartości unilateralnych w kończynie dominującej w badaniach izokinetycznych wśród profesjonalnych graczy baseballu (Brown i wsp., Cook i wsp.), tenisistów na poziomie juniorskim (Chandler i wsp., Ellenbecker i wsp.) czy pływaków akademickich (McMaster i wsp.), ma swoje kliniczne implikacje. U sportowców posługujących się głównie jedną kończyną, niższe wartości stosunku rotacji zewnętrznej do wewnętrznej wskazują na względny spadek siły rotacji zewnętrznej w porównaniu do siły rotacji wewnętrznej. Stosunek ten ukazuje selektywny wzrost pracy koncentrycznej w ruchu rotacji wewnętrznej wśród rzucających sportowców, bez współistniejącego wzrostu siły rotacji zewnętrznej. Badania oceniające wartości stosunków unilateralnych rotacji zewnętrznej do wewnętrznej oraz ryzyko wystąpienia kontuzji nie zaowocowały jeszcze uzyskaniem wartości, które można by uznać za krańcowe, co wiązać by się mogło z potencjalnym ryzykiem kontuzji rzucającego zawodnika [8,13,15,22,24]. Badanie Codine i wsp. wyraźnie podkreślają, że różnice pomiędzy siłą rotatorów wewnętrznych i zewnętrznych obu stawów ramiennych mogą wynikać z prowadzonego treningu [23]. W związku z tym, u piłkarzy ręcznych, używających przez wiele lat jednej kończyny górnej jako tej dominującej, w przeciągu setek praktykowanych rzutów na treningach i meczach, powstanie takich dysbalansów wydaje się zrozumiałe [8-10,24].

Z przeprowadzonych badań wynika również, że zawodnicy z dysfunkcją w obrębie kompleksu barkowego osiągnęli lepsze wyniki przy prędkości kątowej 180°/sek. Przypuszcza się, że taka sytuacja jest skutkiem niezakończonego jeszcze procesu rehabilitacji (zawodnicy byli badani 3 miesiące po kontuzji), gdyż uzyskane wyniki świadczą o zaburzeniu kontroli na poziomie odruchów hamowania i braku odruchowego mechanizmu stabilizacyjnego. Nie zgadza się to z wynikami Pontagi i Zidensa, którzy na podstawie badań własnych stwierdzili, że im wyższa prędkość kątowa, tym większe różnice w wartościach badanych parametrów izokinetycznych. Takie rezultaty wynikają z charakteru uprawianego sportu. Piłka ręczna to sport związany z dynamicznymi rzutami, które częstotliwością przeważają nad rzutami o charakterze siłowym. Testowanie w wysokich prędkościach kątowych, które oceniają parametry szybkościowo-dynamiczne, pozwala na wychwycenie tych prawidłowości [9-10].

W związku z takimi dysproporcjami i dysbalansami mięśniowymi w obrębie obręczy barkowej kończyn górnych, istotne wydaje się wdrożenie odpowiedniego treningu, którego celem będzie wyrównanie różnic unilateralnych w pracy ekscentrycznej, a następnie koncentrycznej zarówno dla rotatorów wewnętrznych jak i zewnętrznych, co przygotuje grunt do wyrównania dysproporcji bilateralnych. Andrade Mdos S i wsp. uważają że akcent powinien być położony na trening koncentryczny rotatorów wewnętrznych i zewnętrznych w kończynie niedominującej. Pozwoli to zapobiec ewentualnym urazom w obrębie kompleksu barkowego, wynikającym z istniejącej asymetrii sił w obrębie kończyn górnych. Zaleca się również funkcjonalne ćwiczenia ekscentryczne rotatorów w kończynie dominującej, zarówno w programach rehabilitacji, jak i programach profilaktycznych wśród piłkarzy ręcznych. Badania potwierdzają, że ćwiczenia wzmacniające są bardzo skutecznym narzędziem w walce z kontuzjami w obrębie narządu ruchu i szczególnie istotne jest włączanie ich w programy treningowe w sportach z dominacją ruchów asymetrycznych [10].

WNIOSKI

1. U piłkarzy ręcznych istnieją różnice pomiędzy kończyną górną dominującą urazową a niedominującą w analizowanych parametrach badania izokinetycznego. Obserwuje się przewagę siły rotatorów wewnętrznych

w pracy koncentrycznej w kończynie dominującej urazowej, w stosunku do kończyny niedominującej.

2. Wcześniejszy uraz w obrębie kompleksu barkowego ma wpływ na osiągane wyniki. Wartości osiągnięte przez kończynę dominującą urazową w grupie badanej były większe niż wartości osiągnięte przez kończynę niedominującą, co wskazuje na umiejętność uruchamiania mechanizmów kompensacyjnych- adaptacyjnych.
3. Przypuszcza się, że wyższe wartości analizowanych parametrów badania izokinetycznego zarówno dla rotatorów zewnętrznych jak i wewnętrznych w grupie badanej przy prędkości kątowej 180°/sek świadczą o niezakończonym procesie usprawniania ruchowego, gdyż zdolności do kontroli ruchu na poziomie odruchów hamowania nie działa jeszcze prawidłowo.
4. Zespół medyczno-rehabilitacyjny powinien kontrolować leczenie, terapię i odnowę biologiczną w nowowygenerowanym zakresie ruchu, gdyż problemem nie jest wygórowany zakres ruchu ale ewentualne przeciążenia w nim powstające.

1. Eckenrode BJ, Kelley MJ: Clinical Biomechanics of the Shoulder Complex. [In:] Wilk KE, Reinold MM, Andrews JR. The Athlete's Shoulder. Philadelphia: Churchill Livingstone, Elsevier. 2009:17-41.
2. Ludwig PM, Borstead JD: The shoulder complex. [In:] Levangie PK, Norkin CC. Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis. Philadelphia: F.A. Davis Company; 4 th ed. 2005:233 – 271.
3. Grimshaw P, Lees A, Fowler N, Burden A: Biomechanika sportu. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN. 2010.
4. Grygorowicz M, Kubacki J, Bacik Bi wsp.: Pomiar w warunkach izokinetycznych – obszary zastosowania w fizjoterapii. Fizjoterapia Polska 2006;6(3):238 – 244.
5. Ellenbecker TS: Ocena stawu panewkowo-ramiennego, barkowo – obojczykowego i łopatkowo – żebrowego u sportowców wykonujących rzuty ponad głowę. [In:] Donatelli RA. Rehabilitacja w sporcie. Wrocław: Elsevier Urban & Partner. 2011:183 – 199.
6. Kelley MJ, Leggin BG, Rogers KJ: General Techniques of Shoulder Rehabilitation. [In:] Iannotti JP, Williams Jr GR. Disorders of the shoulder: Diagnosis & Management. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2007; 2:1235 – 1264.
7. Speer KP: Anatomy and pathomechanics of shoulder instability. Clinics in Sports Medicine 1995;14(4):751 – 760.
8. Ellenbecker TS, Mattalino AJ: Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 1997;25(5):323 – 328.
9. Pontaga I, Zidens J: Shoulder invertors and evertors torque production of handball players. Journal of Human Kinetics 2004;11(8):75 – 82.
10. Andrade Mods S, Fleury AM, De Lira CA i wsp.: Profile of isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of shoulder rotator muscles in elite female team handball players. Journal of Sports Sciences 2010; 28(7):743 – 749.

11. Bayios IA, Anastasopoulou EM, Sioudris DS i wsp.: Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness* 2001; 41(2): 229-235.
12. McMaster WC, Long S.C., Caiozzo VJ: Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the water polo player. *Am J Sports Med.* 1991; 19(1):72 – 5.
13. McMaster WC, Long S.C., Caiozzo VJ: Shoulder torque changes in the swimming athlete. *Am J Sports Med.* 1992; 20(3): 323 – 7.
14. Bak K, Magnusson SP: Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *Am J Sports Med.* 1997; 25(4):454 – 9.
15. Brown LP, Niehues SL, Harrah A i wsp.: Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *Am J Sports Med.* 1988;16(6):577 – 85.
16. Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE i wsp.: Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. *Am J Sports Med.* 1990;18(4):366 – 75.
17. Mikesky AE, Edwards JE, Wigglesworth JK i wsp.: Eccentric and concentric strength of the shoulder and arm musculature in collegiate baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 1995;23(5):638 – 42.
18. Edouard P, Samozino P, Julia M I i wsp.: Reliability of isokinetic assessment of shoulder-rotator strength: A systematic review of the effect of position. *Journal of Sport Rehabilitation* 2011; 20(3): 367 – 383.
19. Wang HK, Cochrane T: Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001;41(3):403 – 10.
20. Perrin DH, Robertson RJ, Ray RL: Bilateral Isokinetic Peak Torque, Torque Acceleration Energy, Power, and Work Relationships in Athletes and Nonathletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1987;9(5):184 – 9.
21. Hinton RY: Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med.* 1988;16(3):274 – 9.
22. Cook EE, Gray VL, Savinar-Nogue E, Medeiros J: Shoulder Antagonistic Strength Ratios: A Comparison between College-Level Baseball Pitchers and Nonpitchers. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1987;8(9):451 – 61.
23. Codine P, Bernard PL, Pocholle Mi i wsp.: Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1997; 29:1400 – 1405.
24. Chandler TJ: Testing and Training the Upper Extremity. [In:] Brown LE. *Isokinetics in Human Performance*. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2000;149 – 170.