

**UNIwersYTET MEDYCZNY IM. KAROLA MARCINKOWSKIEGO
W POZNANIU**

Piotr Krzysztof Kaczmarek

**Wpływ wybranych czynników na propriocepcję barku u zawodników piłki
ręcznej**

ROZPRAWA DOKTORSKA

Promotor: dr hab. n. med. Przemysław Lubiatowski

Katedra i Klinika Traumatologii,

Ortopedii i Chirurgii Ręki

Wydział: Lekarski I

Poznań 2016

OŚWIADCZENIE

Ja niżej podpisany/a Student(ka)
Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu oświadczam, że
przedkładaną rozprawę doktorską pt.....

.....
.....
napisałem/am samodzielnie. Oświadczam również, że przy pisaniu pracy, poza niezbędnymi
konsultacjami, nie korzystałem/am z pomocy innych osób, a w szczególności nie zlecałem/am
opracowania rozprawy lub jej części innym osobom, ani nie odpisywałem/am tej rozprawy
lub jej części z innych prac.

Jednocześnie przyjmuję do wiadomości, że złożenie nieprawdziwego oświadczenia
będzie skutkowało decyzją o nie wydaniu mi dyplomu.

.....
podpis

Poznań, dnia

**Składam szczególne podziękowania mojemu Promotorowi,
dr hab. n. med. Przemysławowi Lubińskiemu za okazaną pomoc i wsparcie
merytoryczne w trakcie pisania rozprawy doktorskiej**

Serdeczne podziękowania dla Rodziców, Brata i najbliższych za ogromne wsparcie i wiarę w moje możliwości. Bez Was ta praca nigdy by nie powstała.

Podziękowania dla prof. dr hab. Leszka Romanowskiego oraz całego zespołu Kliniki Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki za pomoc w zbieraniu materiału badawczego oraz udzielone wskazówki merytoryczne.

Spis treści

1. WSTĘP.....	8
1.1. Propriocepcja i kontrola nerwowo – mięśniowa kończyny górnej.....	9
1.2. Opis biomechaniki rzutu na przykładzie miotacza.....	10
1.2.1. Łańcuch kinematyczny	10
1.2.2. Charakterystyka poszczególnych faz rzutu na przykładzie miotacza.....	11
1.2.3. Charakterystyka rzutu w piłce ręcznej	13
1.3. Patologia i patobiomechanika barku w sportach rzutowych	17
1.3.1. Konflikt wewnętrzny	17
1.3.2. Ubytek rotacji wewnętrznej w stawie ramiennym (GIRD)	18
1.3.3. Uszkodzenia pierścienia rotatorów	19
1.3.4. Inne patologie barku w sportach rzutowych	20
1.3.5. Leczenie	22
2. ZAŁOŻENIA PRACY	24
3. HIPOTEZY BADAWCZE.....	25
4. CELE PRACY.....	26
5. MATERIAŁ BADAWCZY	27
6. METODYKA	29
6.1. Ocena kliniczna	29
6.1.1. Określenie poziomu dolegliwości bólowych barku.....	29
6.1.2. Pomiar rotacji stawu ramiennego	29
6.2. Badanie propriocepcji.....	30
6.2.1. Opis urządzenia PROPRIOMETR (elektroniczny goniometr).....	30
6.2.2. Przygotowanie do badania	33
6.2.3. Przebieg badania	34
6.3. Ocena morfologii struktur barku	35
7. METODY STATYSTYCZNE	37
8. WYNIKI.....	38
8.1. Propriocepcja barku.....	38
8.1.1. Porównanie wyników w grupach.....	39
8.1.1.1. Odwiedzenie	39
8.1.1.2. Zgięcie	40
8.1.1.3. Rotacja wewnętrzna.....	41
8.1.1.4. Rotacja zewnętrzna	42
8.1.2. Porównanie wyników pomiędzy grupami	43

8.2.	Zakresy ruchów rotacyjnych w stawie ramiennym	43
8.2.1.	Wpływ obecności GIRD i TAMD na poziom propriocepcji barku.....	44
8.3.	Dolegliwości bólowe i zmiany morfologiczne barku.....	48
8.3.1.	Wpływ występowania dolegliwości bólowych i zmian morfologicznych na poziom propriocepcji barku.....	49
9.	DYSKUSJA	51
9.1.	Propriocepcja	51
9.1.1.	Piłkarze ręczni: bark rzucający vs bark nierzucający	51
9.1.2.	Grupa kontrolna: bark dominujący vs bark niedominujący.....	52
9.1.3.	Piłkarze ręczni vs grupa kontrolna.....	52
9.1.4.	Wpływ kąta ustawienia ramienia	53
9.2.	Zakresy ruchów rotacyjnych, dolegliwości bólowe i zmiany morfologiczne barku.....	54
9.2.1.	Wpływ zaburzeń ruchów rotacyjnych w stawie ramiennym na propriocepcję barku.....	54
9.2.2.	Wpływ występowania dolegliwości bólowych na propriocepcję barku.....	56
9.2.3.	Wpływ występowania zmian morfologicznych na propriocepcję barku.....	57
9.3.	Rozważania ogólne.....	59
9.4.	Znaczenie kliniczne	61
9.5.	Ograniczenia	61
10.	WNIOSKI.....	62
	STRESZCZENIE	63
	ABSTRACT	65
	WYKAZ SKRÓTÓW	67
	SPIS RYCIN.....	68
	SPIS TABEL	70
	BIBLIOGRAFIA	71

1. Wstęp

Skuteczne wykonanie rzutu w piłce ręcznej wymaga dużej szybkości oraz dokładności [1]. Rzut zza głowy jest bardzo dynamiczną czynnością, wywierającą wysokie obciążenie na wszystkie struktury stawu oraz otaczające go tkanki [2] ze względu na dużą liczbę rzutów oraz częsty kontakt fizyczny zawodników [3]. Piłkarze ręczni wykonują do 100 rzutów zza głowy w formie podań lub strzałów w trakcie jednego meczu [4], przeważnie wykorzystując kończynę dominującą, przy czym w tej dyscyplinie sportu rzuty zza głowy wykonywane są zarówno kończyną dominującą jak i niedominującą [5]. Wzorzec rzutu zza głowy zależy częściowo od czucia pozycji oraz ruchu stawu ramiennego [6]. Umiejętność prawidłowego wykonywania tego ruchu kontrolowana z wykorzystaniem informacji z proprioceptorów. Informacja ta wpływa na reakcje odruchowe, w celu zapewnienia stabilności stawu w trakcie dynamicznych czynności [7]. Oznacza to, że odpowiednia kontrola proprioceptywna i nerwowo – mięśniowa są kluczowe dla sportowców rzucających [8]. Powtarzalne mikrourazy generowane w czasie rzutu mogą doprowadzić do przewlekłych zmian adaptacyjnych tkanki miękkiej okolicy stawu ramiennego. Powtarzalne wykonywanie rzutu z dużymi prędkościami kątowymi, przy zaburzonej technice, może zmienić relację między stabilnością i ruchomością ramienia, doprowadzając w konsekwencji do urazu [9-11]. Dlatego utrzymanie właściwej techniki rzutu pomaga w skutecznym rozproszeniu nadmiernych sił generowanych w czasie jego wykonywania [12]. Osiągnięcie powyższego zadania wymaga właściwego funkcjonowania układu czuciowo – ruchowego odpowiadającego za zapewnienie świadomości, koordynacji i informacji zwrotnej, w celu utrzymania właściwej techniki i stabilności [13]. Sportowcy wykonujący rzuty zza głowy często wykazują liczne zmiany adaptacyjne, takie jak zaburzenia ruchu stawu, siły i wytrzymałości mięśni okolicy stawu ramiennego oraz propriocepcji spowodowane urazem, przeciążeniem lub zmęczeniem [10 14 15]. Wydaje się, że wszystkie powyższe elementy powodują upośledzenie funkcji układu czuciowo – ruchowego kończyny górnej [16-23].

W przypadku piłkarzy ręcznych brak jest jakichkolwiek badań dotyczących propriocepcji barku wśród tej grupy sportowców. Informacje dotyczące propriocepcji stawu w odniesieniu do uprawiania sportu (piłkarze ręczni w porównaniu do osób nieuprawiających sportu), badanej strony (rzucająca lub dominująca w porównaniu do nierzucającej lub niedominującej) i zakresu ruchu w stawie ramiennym są bardzo ograniczone.

1.1. Propriocepcja i kontrola nerwowo – mięśniowa kończyny górnej

Staw ramienny charakteryzuje się dużym zakresem ruchu, pozwalającym na umieszczenie ręki niemal w dowolnym punkcie przestrzeni wokół ciała [24 25]. Jest to możliwe dzięki geometrii kostnej stawu ramiennego, ale powoduje też ograniczenie stabilizacji stawu ramiennego [26 27]. Z tego względu staw ramienny musi polegać na współpracy statycznych stabilizatorów, takich jak torebka stawowa, więzadła i obrąbek oraz dynamicznych stabilizatorów definiowanych jako interakcje mięśni stawu ramiennego kontrolowane przez układ czuciowo – ruchowy [28].

Termin układ czuciowo – ruchowy opisuje elementy czuciowe, ruchowe oraz ośrodkowe, odpowiedzialne za integrację i przetwarzanie, które zaangażowane są w utrzymanie homeostazy w trakcie ruchów ciała (funkcjonalna stabilizacja stawu) [13]. Zapewnia dynamiczną stabilizację poprzez sprzężenia wyprzedzające i zwrotne kontroli nerwowo – mięśniowej nad mięśniami barku (pierścień rotatorów, mięsień naramienny, dwugłowy ramienia, obły większy, najszerszy grzbietu i piersiowy większy) [29-31]. Skuteczność elementów dynamicznych zależy od biomechanicznej i fizycznej charakterystyki stawu, takich jak zakres ruchu czy siła i wytrzymałość mięśniowa. Kontrolę nerwowo – mięśniową definiujemy jako nieświadome poburzenie czynnych stabilizatorów, zachodzące w czasie przygotowania i odpowiedzi na ruch w stawie oraz w odpowiedzi na obciążenie jakim jest poddawany staw, w celu utrzymania lub przywrócenia funkcjonalnej stabilizacji stawu. Informacja z proprioceptorów dotycząca stanu stawu i związanych z nim struktur jest niezbędna dla prawidłowej kontroli nerwowo – mięśniowej [32].

Definicja Sherringtona „systemu propriocepcyjnego” opisuje propriocepcję jako informację aferentną z „proprioceptorów” znajdujących się w „polu propriocepcyjnym”. Natomiast „polem propriocepcyjnym” określa obszar ciała „odseparowany od otoczenia” przez komórki powierzchniowe, które zawierają receptory specjalnie przystosowane do zmian zachodzących wewnątrz organizmu niezależne od „pola interoceptywnego” (przewodu pokarmowego i organów wewnętrznych) [33].

Termin propriocepcja opisuje proces integrowania impulsów nerwowych z różnych peryferyjnych mechanoreceptorów znajdujących się w skórze, mięśniach i tkankach łącznych, aktywowanych przez odkształcenie tkanek, przetwarzania bodźców mechanicznych w impulsy nerwowe oraz ich przesyłanie drogami aferentnymi do ośrodkowego układu nerwowego [7 18 34]. Propriocepcja jest zasadniczym elementem kontroli równowagi, czucia ruchu kończyn (kinestezja) i czucia położenia stawów zarówno w ruchach czynnych, jak

i biernych, i odgrywa istotną rolę w ruchomości stawu ramiennego i jego jednoczesnej stabilizacji [35].

Opis propriocepcji w sposób ilościowy możliwy jest przez zbadanie czucia położenia stawu oraz czucia ruchu stawu (kinestezji) wyrażonego w stopniach. Wyniki oceny czucia położenia stawu są przedstawiane matematycznie jako błąd odtworzenia położenia stawu (Error of Reproduction of Joint Position – ERJP). Oba powyższe kąty można ustalić w sposób bierny (bez aktywności mięśniowej) [36], czynny wspomagany oraz czynny [37 38].

1.2. Opis biomechaniki rzutu na przykładzie miotacza

Podstawowa mechanika, a także fazy rzutu były badane oraz opisywane przez wielu autorów [25 28 39-45]. Badano także czynność bioelektryczną mięśni (EMG) [28 45-51] stabilizację stawu [52-54] podczas rzutu oraz ich relacje z różnymi typami uszkodzeń.

Jednym z najczęściej badanych i wykorzystywanych w sporcie jest rzutów jest jednostronny rzut znad głowy. Określany jest jako pchnięcie obiektu w przestrzeń przy wykorzystaniu jednej kończyny górnej z jednoczesnym wyprostem w stawie łokciowym i rotacją wewnętrzną w stawie ramiennym [55-57]. Pomimo, że istnieje kilka różnych typów rzutu (w baseballu: „znad głowy”, „3/4”, „z boku”, „od dołu”), biomechanika rzutu w obrębie kończyny górnej jest zbliżona, a różnice występują jedynie w ustawieniu tułowia [55].

1.2.1. Łańcuch kinematyczny

Bark podczas wykonywania rzutu wymaga zaangażowania wszystkich części ciała, w celu wygenerowania siły wprowadzającej piłkę w ruch, ustawienia stawów w prawidłowej pozycji zmniejszającej obciążenia wywierane na struktury stawowe oraz przekazania generowanej siły i obciążeń do dalszych segmentów [58]. Ta wzajemna koordynacja różnych części ciała określana jest jako łańcuch kinematyczny. Przy prawidłowo funkcjonującym łańcuchu kinematycznym podłóżę, kończyny dolne oraz tułów działają jako generatory siły; bark pełni rolę ogniwa przekazującego i regulującego wygenerowaną siłę, natomiast ramię jest częścią mechanizmu dostarczającego tę siłę do piłki. [59]. Z mechanicznego punktu widzenia, celem ruchu jest sekwencyjne rozwijanie pewnej ilości energii potencjalnej, która następnie zamieniana jest na energię kinetyczną. W tej postaci przekazywana jest na piłkę w trakcie skutecznego i płynnego ruchu [60].

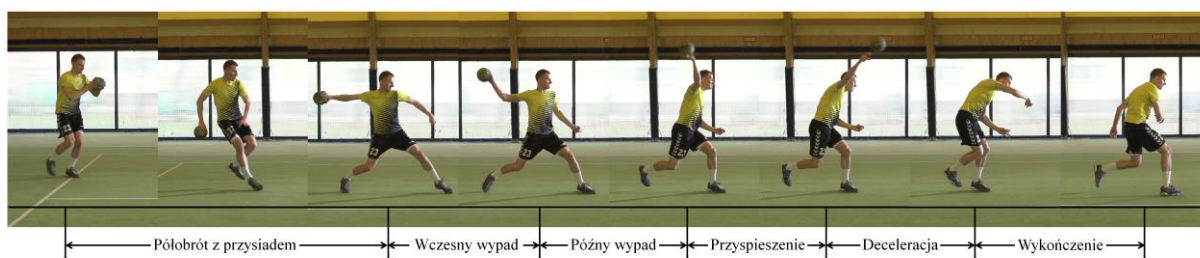
Kończyny dolne i tułów zapewniają stabilną podstawę dla ruchu ramienia oraz pęd obrotowy wynikający z rotacji miednicy i tułowia, dzięki czemu generują od 50% do 55% całkowitej siły i energii kinetycznej [61-65].

Łopátka pełni wiele funkcji podczas rzutu. Przede wszystkim musi być prawidłowo ustawiona i ustabilizowana w przestrzeni, dzięki czemu wydrążenie stawowe może działać jako przystające gniazdo dla obracającej się z dużą prędkością głowy kości ramiennej. Po drugie, musi płynnie poruszać się w kierunku protrakcji i retrakcji po tylny – bocznej ścianie klatki piersiowej, podczas gdy ramię zmienia swoje położenie wraz z kolejnymi fazami rzutu, począwszy od fazy „półobrotu z przysiadem”, aż po fazę „następczą”. Łopátka musi poruszać się wspólnie z przemieszczającą się kością ramienną, aby zachować „bezpieczną strefę ruchu” w stawie ramiennym, to znaczy uniknąć przekroczenia fizjologicznego zakresu ruchu kości ramiennej względem panewki. Łopátka działa również jako stabilna baza dla przyczepów początkowych mięśni powierzchownych i głębokich, kontrolujących ruch ramienia i dociskających głowę kości ramiennej do panewki [62 64].

1.2.2. Charakterystyka poszczególnych faz rzutu na przykładzie miotacza

Każdy rodzaj rzutu znad głowy, jak rzut piłką ręczną, baseball’ową, oszczepem, czy nawet uderzenie rakietą tenisową jest bardzo skomplikowaną czynnością, podczas której prędkość kątowa może osiągać nawet 7000°/s. [55].

Większość badań dotyczących biomechaniki rzutu została przeprowadzona na miotaczach drużyn baseball’owych, analiza tego mechanizmu pomoże nam w zrozumieniu innych mechanizmów rzutu [66]. Biomechanika rzutu przedstawiana jest przez wielu autorów jako układ następujących po sobie faz, na które składają się: półobrót z przysiadem, wczesna faza wypadu, późna faza wypadu, przyspieszenie, deceleracja i faza wykończenia (Ryc. 1).



Rycina 1. Poszczególne fazy rzutu na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).

Po przeprowadzeniu analizy proksymalno – dystalnej sekwencji ruchu wykazano, że uzyskanie maksymalnych prędkości kątowych, a co za tym idzie, przeniesienia energii

kinetycznej z bliższych do dalszych części ciała realizowane jest w określony sposób, począwszy od rotacji miednicy, poprzez rotację tułowia, zgięcie tułowia, wyprost łokcia, wewnętrzną rotację ramienia do zgięcia ramienia [67].

Taki specyficzny układ kolejnych ruchów poszczególnych części ciała jest typowy dla ruchów zza głowy i został zaobserwowany przez wielu badaczy [68-70]. Specyfika powyższej kolejności ruchu objawia się przez uzyskanie maksymalnej prędkości kątowej wyprostu łokcia przed uzyskaniem maksymalnej prędkości kątowej wewnętrznej rotacji ramienia. Ustalono, że wyprost łokcia ramienia rzucającego następuje wcześniej, żeby zredukować moment obrotowy wewnętrznej rotacji ramienia [67 71 72]. Prędkość kątowa wyprostu łokcia ulega redukcji, aby zapobiec nadmiernemu wyprostowi lub przeprostowi stawu łokciowego, a co za tym idzie, aby zminimalizować ryzyko urazu mięśni lub stawu [67].

Faza półobrotu z przysiadem

Celem tej fazy jest umieszczenie ciała w optymalnej pozycji do rozpoczęcia rzutu. Pozwala ona miotaczowi na osiągnięcie maksymalnej skuteczności, siły i szybkości. Półobrót z przysiadem to czas pomiędzy zainicjowaniem ruchu a momentem, w którym piłka zostaje wyciągnięta z rękawicy. Pappas i wsp. [39] ustalili, że trwa ona od 0,5 do 1,0 sekundy. Podczas tej fazy stwierdza się minimalną aktywność mięśniową. Niezwykle istotny podczas tej fazy jest wkład dolnej części ciała oraz tułowia do końcowej prędkości rzutu. Toyoshima i wsp. [73] wykazali, że około 50% szybkości rzutu jest efektem wykonanego kroku i rotacji ciała, a pozostała część pochodzi z czynności barku, łokcia, nadgarstka oraz palców ręki [45 46].

Faza wypadu

Ta faza może być podzielona na dwie niezależne części: wczesną fazę wypadu oraz późną fazę wypadu. Jest bardzo dynamiczna i jej celem jest umieszczenie ramienia w pozycji 90° odwiedzenia oraz maksymalnej rotacji zewnętrznej (pozycja ABER – ABduction & External Rotation) i odwiedzenia horyzontalnego. Z tej pozycji energia generowana przez kończyny dolne i tułów przekazywana jest na piłkę [45 46]. We wczesnej fazie wypadu ramię wykonujące rzut znajdzie się w pozycji około 90° odwiedzenia, 30° odwiedzenia horyzontalnego i 50° rotacji zewnętrznej, podczas gdy stopa kończyny wykroczonej zetknie się z ziemią, kończąc pierwszą część fazy wypadu [45 46]. W późnej fazie wypadu, po zetknięciu stopy z podłożem ramię zwiększa zakres rotacji zewnętrznej nawet o 125°, z pozycji 50° przy pierwszym kontakcie stopy do wartości rzędu 175°. W momencie, gdy ramię osiąga pozycję maksymalnej rotacji zewnętrznej, 160° do 175°, kończy się późna faza wypadu a rozpoczyna

faza przyspieszenia. W tym momencie, osiągnięta jest największa ilość energii, niezbędnej do nadania kończynie górnej odpowiedniej prędkości. Wg Pappas'a i wsp. [39] zarówno wczesna jak i późna faza wypadu zajmują od 0.5 do 1.0 sekundy. Natomiast łącznie obie fazy trwają w przybliżeniu 1.5 sekundy [45 46 66].

Faza przyspieszenia

Ta faza rzutu jest najbardziej eksplozywna, następuje w niej gwałtowne przyspieszenie piłki z niemal statycznej pozycji do prędkości rzędu 155 km/h w czasie około 50 ms. Stanowi ona mniej niż 2% czasu potrzebnego na wykonanie rzutu. Z pozycji maksymalnej rotacji zewnętrznej (175°) staw barkowy jest silnie rotowany do wewnątrz do pozycji 90° do 100° rotacji zewnętrznej, w której następuje wypuszczenie piłki [45 46].

Faza deceleracji

Głównym celem tej fazy oraz następującej po niej fazy wykończenia jest zmniejszenie prędkości ramienia po wypuszczeniu piłki oraz bezpieczne rozproszenie nadmiaru energii kinetycznej, która nie została przeniesiona na piłkę, minimalizując tym samym ryzyko wystąpienia urazu. Faza deceleracji zachodzi podczas pierwszych 50 ms po wypuszczeniu piłki. Charakteryzuje ją duża siła hamująca generowana przez tylną grupę mięśni obręczy barkowej ($500\ 000/s^2$). Faza deceleracji kończy się wraz z osiągnięciem przez ramię pozycji 0° rotacji wewnętrznej [28 46].

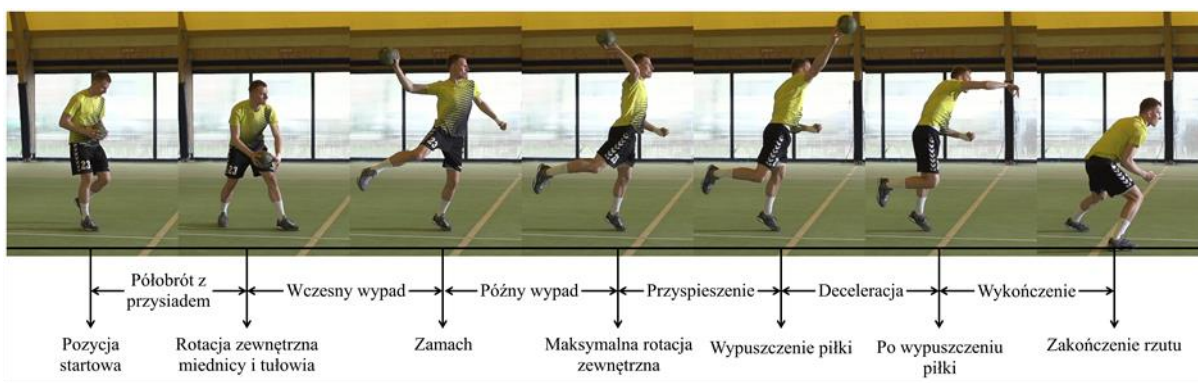
Faza wykończenia

Jest to bierna faza, w której ramię wykonujące rzut spotyka się z tułowiem. Na fazę składają się wyprost nogi wykroczonej, przywiedzenie i przywiedzenie horyzontalne w stawie barkowym oraz zgięcie w stawie łokciowym. Noga obrotowa porusza się do przodu, do miejsca zetknięcia stopy nogi przeciwnej z podłożem. Umożliwia to zawodnikowi przyjęcie odpowiednio zbalansowanej pozycji i jednocześnie kończy rzut [28 46].

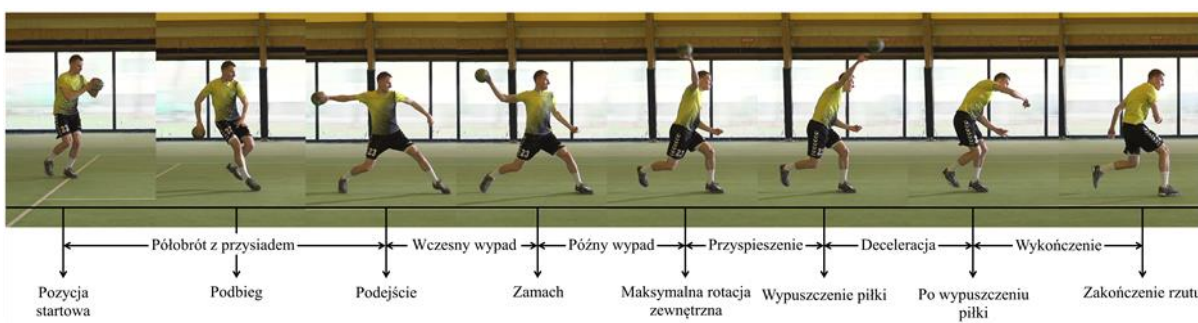
1.2.3. Charakterystyka rzutu w piłce ręcznej

Różne techniki rzutu zza głowy różnią się między sobą ze względu na różne przepisy obowiązujące w danej grze, wielkości i masy piłek, czy też strategię ruchu przeciwników w trakcie obrony lub ataku. Ruchy te jednak są zbliżone do siebie, w szczególności w zakresie kinematyki górnej części ciała, a dzięki temu można zdefiniować podstawowe wzorce ruchów dla ruchu zza głowy, które są wspólne dla różnych sportów [71].

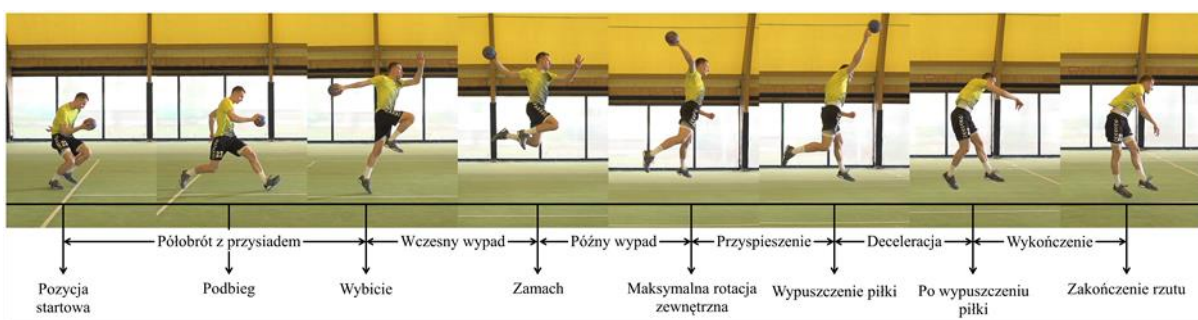
Piłkarze ręczni stosują różne techniki rzutu w zależności od swojego położenia na boisku. Techniki zależą również od zachowań graczy drużyny przeciwnej w obronie [74]. Wcześniejsze badania piłkarzy ręcznych [67 72 75-78] były oparte na analizie trzech rodzajów rzutów: rzut z miejsca (Ryc. 2), rzut z miejsca z podbiegiem (Ryc. 3) i rzut z wyskoku (Ryc. 4).



Rycina 2. Fazy rzutu z miejsca na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).



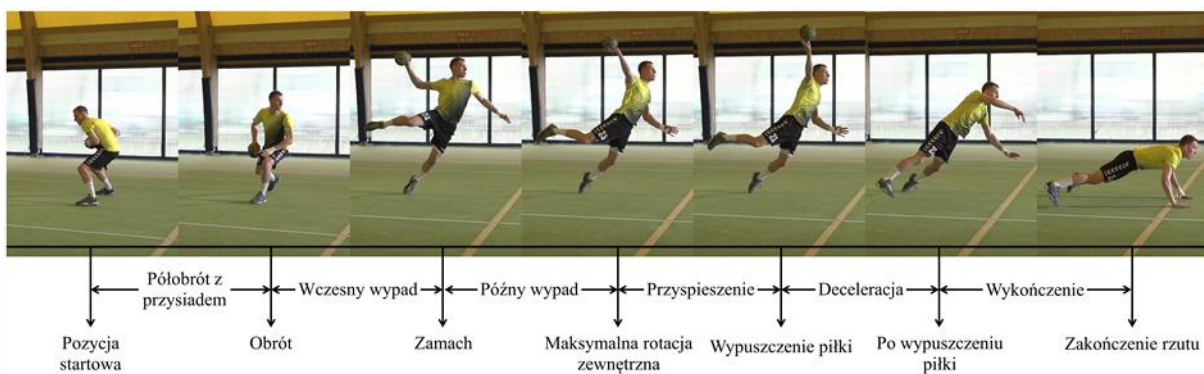
Rycina 3. Fazy rzutu z miejsca z podbiegiem na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).



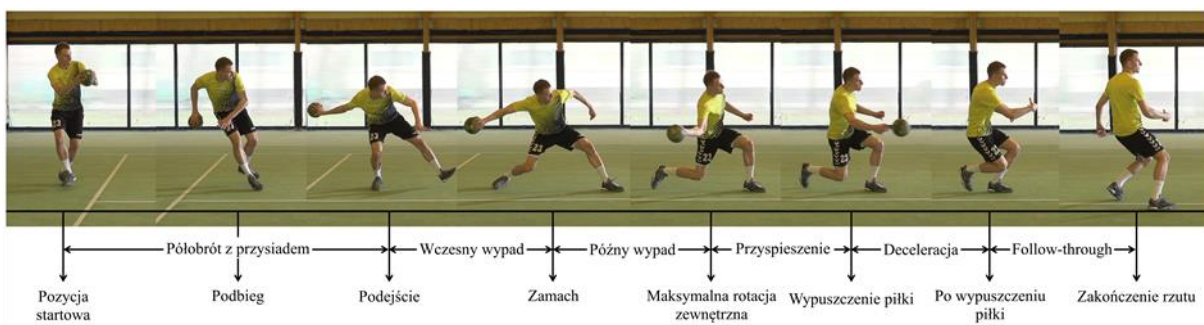
Rycina 4. Fazy rzutu z wyskoku na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).

Spośród tych trzech różnych technik najpopularniejszy w trakcie gry jest rzut z wyskoku [74]. Wagner i wsp. [79] oszacował, że rzut z wyskoku stanowi 73-75% wszystkich rzutów wykonywanych w trakcie gry. 14-18% rzutów wykonywanych jest z podbiegu, 6-9% jako rzuty karne, 2-4% to rzuty z padem, a jedynie 1% wszystkich rzutów

to bezpośrednie rzuty wolne (podania) [68 79]. Aby dopełnić listę rzutów należy również wymienić rzut z obrotu (Ryc. 5) i rzut z biodra (Ryc. 6).

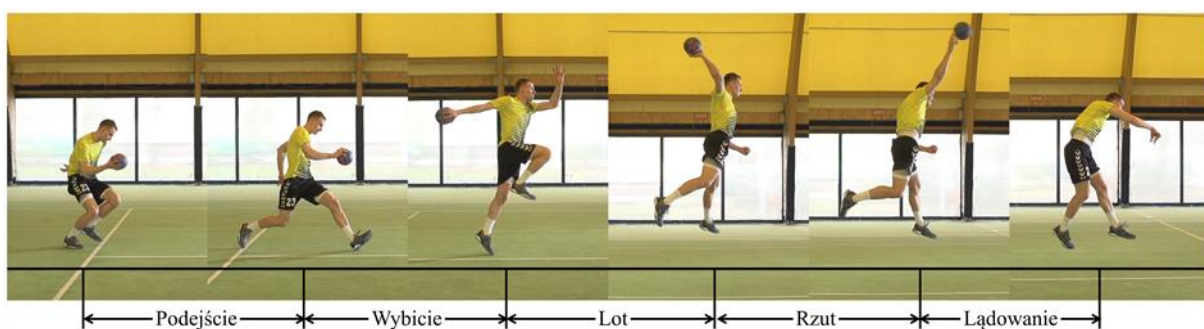


Rycina 5. Fazy rzutu z obrotu na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).



Rycina 6. Fazy rzutu z biodra na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).

Technika rzutu z wyskoku jest najczęściej spotykaną w piłce ręcznej. Odbicie następuje zazwyczaj z nogi przeciwnej do rzucającego ramienia. Dzięki temu piłkarz uzyskuje właściwą naturalną koordynację, pozwalającą na skuteczne, silne i trafne wykonanie rzutu w kierunku celu. Rzut z wyskoku można podzielić na 5 faz: podejście, odbicie, lot, rzut i lądowanie (Ryc. 7) [78].



Rycina 7. Fazy rzutu z wyskoku w piłce ręcznej – widok z boku (materiał własny).

Podejście

Biorąc pod uwagę ostatni krok podejścia, jest to okres od momentu, gdy noga wykonująca zamach traci kontakt z podłożem do momentu, gdy noga, z której następuje wybiecie, zetknie

się z ziemią. Głównym celem tej fazy jest uzyskanie optymalnych warunków do zrealizowania pozostałych faz rzutu [78].

Wybicie

Faza wybicia jest okresem między momentem zetknięcia się nogi, z której następuje wybicie, z podłożem do momentu, gdy noga ta odrywa się od ziemi. W fazie tej następuje również równoczesne zmniejszenie prędkości horyzontalnej i zwiększenie prędkości wertykalnej [78].

Lot

Ponieważ lot zawodnika jest ruchem parabolicznym, parametry opisujące prędkości horyzontalną i wertykalną w momencie wybicia definiują podstawową charakterystykę lotu, niezależnie od sposobu wybicia. W fazie tej ramię rzucające jest w pozycji odwodzenia i maksymalnej rotacji zewnętrznej (ABER) – podobnie jak w czasie fazy zamachu u miotacza w baseballu [68 78].

Rzut

Moment samego rzutu różni się, w zależności od sposobu wybicia. Przykładowo, jeśli wybicie następuje z tej samej nogi, co ramię rzucające, rzut następuje tuż przed lądowaniem. W trakcie tej fazy następuje nadanie przyspieszenia oraz wypuszczenie piłki [68 78].

Lądowanie

Po wypuszczeniu piłki ramię rzucające kontynuuje ruch w przód i w dół, natomiast całe ciało przygotowuje się do lądowania – jak w fazie następczej, po wyrzuceniu piłki przez miotacza. Kontakt z ziemią następuje najczęściej nogą, z której nastąpiło wybicie. Jednocześnie następuje ugięcie stawu kolanowego, w celu pochłonięcia energii lądowania. Druga noga pochłania resztę działających sił i pomaga zachować równowagę [78].

Analizy różnych technik rzutu wykazały, że każda z nich skutkuje osiągnięciem przez piłkę różnej prędkości. Przykładowo, większe prędkości rzutu osiągnęte są w przypadku rzutu z podbiegnięciem niż rzutu z wyskoku, czy rzutu z pozycji stojącej bez podbiegnięcia [68 80]. Istotnymi czynnikami mającymi wpływ na szybkość piłki są prędkość kątowna rotacji wewnętrznej ramienia w momencie wypuszczenia piłki, pełen wyprost w stawie łokciowym oraz maksymalny kąt ustawienia miednicy [68]. Światowej klasy piłkarze ręczni osiągają maksymalną prędkość kątową rotacji wewnętrznej ramienia na poziomie $8130^\circ/\text{s}$, a prędkość piłki w momencie jej uwolnienia osiąga wartość do 25 m/s przy rzucie z miejsca [74].

1.3. Patologia i patobiomechanika barku w sportach rzutowych

Dyscypliny sportowe opierające się na rzutach narażają bark na bardzo duże przeciążenia. Wiąże się to z techniką oraz prędkością rzutu. Duża energia rozpraszana w krótkim czasie poddaje struktury rozciąganiu, kompresji i powtarzalnym naprężeniom [81-82]. Wczesne rozpoczęcie uprawiania sportu wyczynowego powoduje powstanie zmian adaptacyjnych, jak konflikt wewnętrzny, czy ubytek rotacji wewnętrznej (GIRD – Glenohumeral Internal Rotation Deficit). W miarę kontynuowania kariery powtarzające się mikrourazy mogą powodować uszkodzenia strukturalne tkanek (SLAP – Superior Labrum from Anterior to Posterior tears, PASTA – Partial Articular Supraspinatus Tendon Avulsion). Część sportów rzutowych wiąże się z elementami bezpośredniego kontaktu, np. piłka ręczna. Dochodzą więc urazy spowodowane upadkami, dźwigniami lub skręceniami, które mogą powodować zwichnięcia, złamania, uszkodzenia ścięgien [46].

1.3.1. Konflikt wewnętrzny

Wielokrotnie powtarzany rzut u zawodnika w czasie jego aktywności sportowej prowadzi do zmian adaptacyjnych. W pozycji wypadu (ramię w odwiedzeniu i rotacji zewnętrznej) przednia część torebki stawowej ulega napięciu [52]. Dolne więzadło obrąbkowo – ramienne (IGHL) ulega przesunięciu do przodu i ku górze, a guzek większy wchodzi w kontakt z tylną – górną częścią panewki. Fenomen tego kontaktu został opisany przez Walcha i wsp. [83] jako tak zwany konflikt wewnętrzny. Termin ten obejmuje jeszcze inne urazy tkanek, charakterystyczne dla rzucającego barku [84]. Stwierdzono na podstawie analizy obrazów artroskopowych występowanie kontaktu tylną – górną głęboką część pierścienia rotatorów z tylną – górną częścią panewki podczas pozycji odwiedzenia i rotacji zewnętrznej ramienia. Kontakt ten występował zarówno u osób zgłaszających jak i nie zgłaszających dolegliwości. Jest więc prawdopodobnie zjawiskiem naturalnym. Obserwowany jest także w obrazach MR [85]. Jednak u sportowców rzucających liczne powtórzenia tego kontaktu mogą prowadzić do zjawisk patologicznych. McFarland [86] zasugerował rozróżnienie fizjologicznego kontaktu tylną – górnych struktur od klinicznego zespołu konfliktu wewnętrznego. Jobe [87] wyróżnił 5 anatomicznych miejsc narażonych na uszkodzenie w konflikcie wewnętrznym: tylną – górny obrąbek, powierzchnia stawowa pierścienia rotatorów, kość na tylną – górną panewkę, guzek większy, przedni kompleks obrąbkowo – torebkowy [87]. Początkowy dyskomfort spowodowany konfliktem może przerodzić się w organiczne uszkodzenia. Powiązano tylną – górny kontakt z uszkodzeniami głębokiej warstwy pierścienia rotatorów w miejscu kontaktu ścięgna z panewką („kissing

lesion’’) [88]. Wielokrotnie powtarzalny kontakt tkanek oraz trakcja prowadzić mogą także do uszkodzenia tylnego – górnego obrąbka (SLAP).

Kliniczny obraz konfliktu wewnętrznego wiąże się z bólem barku w fazie późnego wypadu [62]. Początkowo może być to dyskomfort, a w skrajnych sytuacjach objawiać się zjawiskiem zwanym zespołem martwego ramienia („dead arm syndrome”) [89]. Ból lokalizowany jest w tylnej lub tylnie – górnej części barku. Pacjent może także zgłaszać objawy przeskakiwania lub stukania, co sugeruje uszkodzenie obrąbka. Objawy te powodują niewydolność rzutu, a nawet uniemożliwiają dalsze rzucanie i eliminują zawodnika z gry.

Dokładna patogeneza oraz prawidłowa kolejność zdarzeń prowadzących do rozwoju patologii nie zostały jeszcze ostatecznie potwierdzone. Część ekspertów uważa, że niestabilność barku leży u podstaw tego schorzenia [45]. Inni twierdzą, że jest to rezultat nieprawidłowej biomechaniki, a powstające uszkodzenie górnej części obrąbka może przyczyniać się do rozwoju mikroniestabilności lub pełnoobjawowej niestabilności barku [89].

Przyjmuje się, że pierwszym i podstawowym odchyleniem od normy, inicjującym całą kaskadę zmian patologicznych kończących się w późnej fazie wypadu, jest nabyty przykurcz tylnie – dolnej części torebki stawowej oraz towarzyszące temu skrócenie tylnego pasma kompleksu dolnego więzadła obrąbkowo – ramiennego (PIGHL) [45 89]. Przykurcz tylnie – dolnej torebki stawowej spowodowany jest prawdopodobnie przez powtarzające się siły ścinające, oddziałujące na tylne struktury stawu ramiennego w czasie trwania fazy deceleracji oraz fazy następnej.

1.3.2. Ubytek rotacji wewnętrznej w stawie ramiennym (GIRD)

Najistotniejszym zaburzeniem do którego dochodzi w wyniku przykurczu tylnie – dolnej torebki stawowej i nadmiernej rotacji zewnętrznej jest utrata rotacji wewnętrznej barku w odwiedzeniu (GIRD) (Ryc. 8) [45].



Rycina 8. Utrata rotacji wewnętrznej barku w odwiedzeniu (GIRD). Strona objawowa charakteryzuje się zwiększeniem rotacji zewnętrznej (A) i zmniejszeniem rotacji wewnętrznej (C) w stosunku do przeciwnego barku (odpowiednio B i D) (materiał własny).

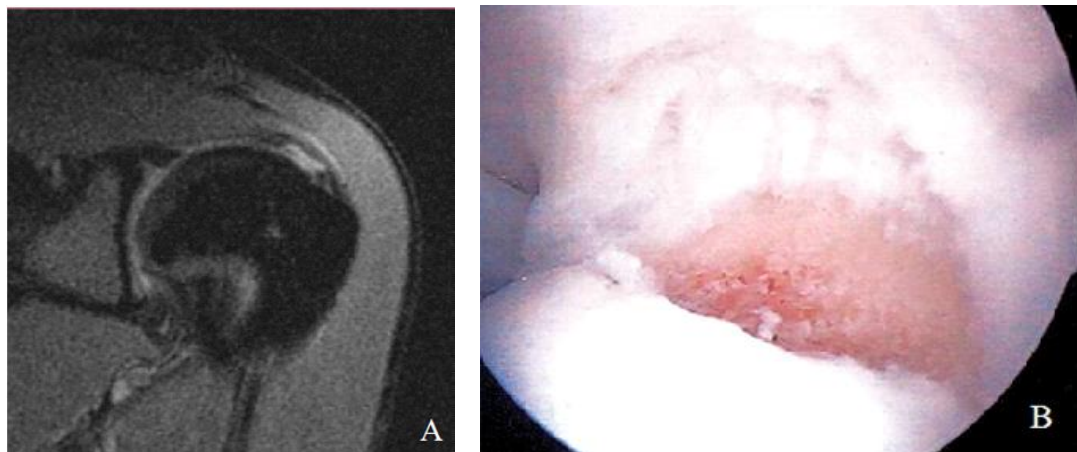
GIRD jest utratą przez zawodnika rotacji wewnętrznej w stawie ramiennym w pozycji odwiedzenia, w porównaniu z przeciwnym niedominującym barkiem [59 90-92]. Ubytek ten znacznie przekracza korzyści płynące ze zwiększonej rotacji zewnętrznej. Dodatkowo współistnienie GIRD i nadmiernej rotacji zewnętrznej zwiększa naprężenia styczne i skrętne w tylną – górną część pierścienia rotatorów, skutkując niewydolnością włókien odstawowych ścięgien. Zespół GIRD rozpoznajemy na podstawie badania klinicznego. Za istotną klinicznie uznana jest różnica ok. 25° w stosunku do strony przeciwnej.

Większość badań dotyczyła zawodników grających w baseball. W odróżnieniu od tej dyscypliny piłka ręczna to bardzo dynamiczna, kontaktowa i szybka gra, związana z licznymi kolizjami, częstymi zmianami kierunku ruchu i różnymi technikami wykonywania rzutów [68 93 94]. Dane epidemiologiczne pokazują wysoką częstotliwość występowania urazów oraz dolegliwości bólowych barku zgłaszanych przez zawodników [93 94]. Niektóre doniesienia wskazują, że sportowcy, u których $GIRD > 20^\circ$ wykazują dwukrotnie większą częstość występowania urazów barku [90 91]. Z drugiej strony Clarsen i wsp. [3] nie znalazł żadnego związku między urazem a jakimkolwiek zmniejszeniem rotacji wewnętrznej w stawie ramiennym. Brak również jasności, jaka jest częstość występowania GIRD wśród piłkarzy ręcznych i osób nieuprawiających sportów rzutowych.

1.3.3. Uszkodzenia pierścienia rotatorów

Ścięgna pierścienia rotatorów również narażone są na uszkodzenia. Powtarzające się naprężenia i kompresja, mogą prowadzić do częściowego naderwania ścięgna od strony stawowej. Cechą charakterystyczną jest, że uszkodzenie pierścienia rotatorów zachodzi w miejscu połączenia dolnej części mięśnia nadgrzebieniowego i górnej części mięśnia podgrzebieniowego. Uszkodzenia te mogą być bardzo zróżnicowane: od powierzchownych fimbrylacji pierścienia od strony stawowej, poprzez częściowe oderwanie pierścienia od przyczepu (uszkodzenie typu PASTA – partial articular site tendon avulsion) (Ryc. 9), uszkodzenia śródścięgnowe, a na zerwaniu pełnej grubości pierścienia kończąc [95]. Ścięgna RC narażone są na uszkodzenie na skutek wewnętrznego konfliktu w fazie późnego wypadu, a także na skutek konfliktu podbarkowego w fazie przyspieszenia [16 28]. W fazie późnego wypadu RC ulega ekstremalnemu skręceniu i podlega bardzo dużym siłom ścinającym [89]. Do uszkodzenia może dochodzić również podczas fazy deceleracji, w której ramię ulega

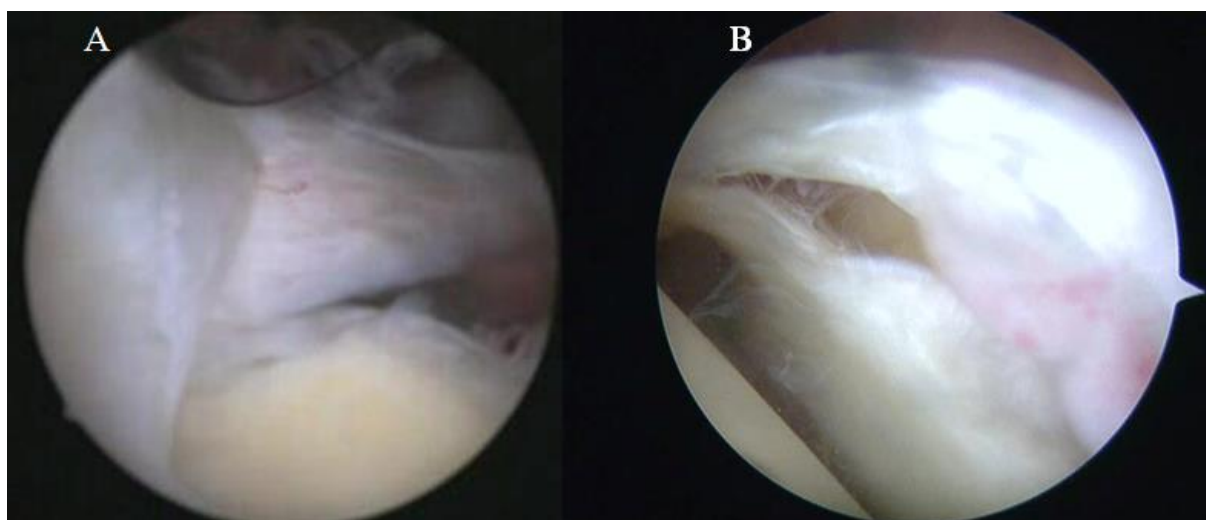
przywiedzeniu i rotacji wewnętrznej. Wielokrotne ekscentryczne obciążenie i rozciąganie RC może również prowadzić do mikrouszkodzeń i finalnie do utraty funkcji RC. Większość uszkodzeń ma charakter pośredniej grubości (62% wg Burkharta [89]). Uszkodzenie to może współistnieć ze SLAP i konfliktem wewnętrznym.



Rycina 9. Uszkodzenie pierścienia rotatorów typu PASTA (A – artrografia MR; B – widok artroskopowy).

1.3.4. Inne patologie barku w sportach rzutowych

Innym miejscem możliwej patologii jest część górna obrąbka. Ostatnia faza zamachu, gdy ramię znajduje się w odwiedzeniu i maksymalnej rotacji zewnętrznej, wywiera także duże obciążenie na ścięgno głowy długiej mięśnia dwugłowego (LHBT) i jego przyczep do obrąbka [45]. W pozycji tej wektor siły LHBT osiąga pozycję bardziej tylną i pionową i przenosi się jako siła skrętna na tylny obrąbek. Efekt ten określa się jako „odłuszczenie” (peel – back) tylna – górnego obrąbka i LHBT. Może to prowadzić do uszkodzenia obrąbka (SLAP) (Ryc. 10) [62].



Rycina 10. Obraz artroskopowy ukazujący uszkodzenie typu SLAP (A – typ II; B – typ IV).

Ze sportem rzucającym została powiązana także niestabilność stawu ramiennego jako część mechanizmu zmian patologicznych [88]. Oś obrotu stawu przesuwana się ku tyłowi i ku górze powodując ekscentryczność ruchów rotacyjnych w odwiedzeniu ramienia. Według Burkhardta [89] przesunięcie głowy kości ramiennej ku tyłowi rozluźnia przednią część torebki. Według innych autorów torebka stawowa jest rozciągana przez wielokrotne skrajne pozycje ramienia w odwiedzeniu i rotacji zewnętrznej [45]. Niezależnie od patogenezы prowadzi to do zjawiska tak zwanej mikroniestabilności [45 89]. Przemieszczenia mają ograniczony zakres. Nie dochodzi do zwichnięć ani podwichnięć stawu, natomiast powoduje subiektywne dolegliwości o charakterze niestabilności. Objawia się to w badaniu klinicznym dodatnim testem relokacji (Ryc. 11).



Rycina 11. Niestabilność tylna barku (A – Artrografia MR; B – test Kim'a; C – obraz artroskopowy).

U osób z zespołem ciasnoty podbarkowej i uszkodzeniami pierścienia rotatorów [96] oraz niestabilnością stawu ramiennego [96 97] stwierdzono także występowanie dyskinezy łopatkowo – piersiowej. Jest ona określana jako nieprawidłowe pozycjonowanie lub ruchomość łopatki [97 98]. Przyczynami dyskinezy mogą być osłabienie mięśni stabilizujących łopatkę lub ich dysbalans mięśniowy, a także zbyt mała elastyczność mięśni i kompleksu torebkowo – więzadłowego okolicy barku. Na zmianę kinematyki łopatki może wpływać również zwiększona kifoza piersiowa, dysfunkcje stawu barkowo – obojczykowego, niestabilność stawu ramiennego, uszkodzenia obrąbka, zespół ciasnoty podbarkowej lub konflikt wewnętrzny [59]. Dyskineza łopatki może być pierwotną przyczyną ograniczenia funkcji barku lub występować wtórnie do patologii leżących u jego podstaw. W związku z tym, konieczne jest złożone badanie kliniczne i radiologiczne, aby postawić właściwe rozpoznanie.

Opisane następujące po sobie zmiany prowadzą ostatecznie do rozwoju tak zwanego zespołu martwego ramienia (Dead Arm Syndrome) [66]. Obejmuje on wszelkie zmiany

patologiczne w obrębie barku, które sprawiają, że zawodnik nie jest w stanie wykonywać rzutów z dotychczasową prędkością i kontrolą z powodu bólu i odczuwania niejasnego dyskomfortu w obrębie barku. Kaskada ta może doprowadzić do wielu uszkodzeń barku, które zostały opisane powyżej.

1.3.5. Leczenie

Podstawą leczenia jest postępowanie usprawniające poprzedzone wnikliwą oceną kliniczną, biomechaniczną, funkcjonalną oraz radiologiczną [99]. Ma ona na celu wykrycie wszelkich zaburzeń w obrębie łańcucha kinematycznego, takich jak: dyskieneza łopatkowo – piersiowa, konflikt wewnętrzny, GIRD. Na podstawie tych elementów dobierane jest odpowiednie leczenie, które może zapobiec wystąpieniu uszkodzenia i rozwojowi poważniejszej patologii w obrębie barku. Podstawą, niemal zawsze, będzie leczenie zachowawcze. Musi ono być kompleksowe i dopasowane do deficytów funkcji danego barku i pacjenta. W początkowej, ostrej fazie postępowanie ma na celu zmniejszenie bólu poprzez odpoczynek, leki przeciwbólowe oraz ostrożne usprawnianie. Dalsze fazy wymagają bardzo kompleksowego postępowania poprzedzonego oceną funkcjonalną i biomechaniczną. Leczenie obejmuje wzmacnianie poszczególnych grup mięśniowych, ze szczególnym uwzględnieniem stabilizacji łopatki i pierścienia rotatorów [100]. Ma ono na celu przywrócenie prawidłowej mechaniki stawu oraz koordynacji nerwowo – mięśniowej, likwidację przykurczów stawowych i mięśniowych, stabilizację mięśniową i wzmocnienie mięśni. Konieczne jest uzyskanie lub odtworzenie prawidłowych wzorców ruchowych. Niekiedy konieczne jest eliminowanie deficytów w innych piętach łańcucha kinematycznego [64]. Ustąpienie dolegliwości i prawidłowe parametry biomechaniczne pozwalają na powrót do sportu.

Jeżeli nie odniesiemy sukcesu w takim postępowaniu oraz , gdy mamy do czynienia z organicznymi uszkodzeniami, należy rozważyć leczenie operacyjne, głównie z zastosowaniem technik artroskopowych. Niezbędnym elementem leczenia jest właściwe postępowanie pooperacyjne obejmujące dwie fazy usprawniania: 1. ochrona poprzez zastosowanie ortezy, 2. przywrócenie zakresu ruchu, siły oraz koordynacji mięśniowej. Wszystkie fazy powinny być monitorowane poprzez obiektywne oceny: kliniczne, biomechaniczne, funkcjonalne i radiologiczne [100]. Przewidywany okres umożliwiający powrót do sportu po leczeniu operacyjnym to 4 – 6 miesięcy od operacji. Wymaga on jednak spełnienia specyficznych kryteriów powrotu do sportu [99] takich jak: ustąpienie dolegliwości bólowych, przywrócenie prawidłowej biomechaniki barku (zakres ruchu, odpowiednia

kontrola proprioceptywna i nerwowo – mięśniowa oraz siła i wytrzymałość mięśniowa) oraz właściwe gojenie tkanek (w badaniach obrazowych).

2. Założenia pracy

W mojej pracy podjąłem analizę szczególnego zagadnienia, jakim jest ocena propriocepcji barku wśród profesjonalnych zawodników piłki ręcznej. Czucie pozycji oraz ruchu stawu ramiennego są istotnymi elementami zapewniającymi utrzymanie prawidłowego wzorca rzutu zza głowy [6]. Informacje przekazywane przez proprioceptory wpływają na reakcje odruchowe, w celu zapewnienia stabilności stawu w trakcie dynamicznych czynności [7]. Dzięki prawidłowemu funkcjonowaniu układu czuciowo – ruchowego odpowiadającego za zapewnienie świadomości, koordynacji i informacji zwrotnej, możliwe jest utrzymanie właściwej techniki rzutu oraz stabilności stawu, zapewniając skuteczne rozproszenie nadmiernych sił generowanych w czasie wykonywania rzutu [12 13]. Oznacza to, że odpowiednia kontrola proprioceptywna i nerwowo – mięśniowa są kluczowe dla sportowców rzucających [8].

Aktualny stan wiedzy pozwala na przyjęcie pewnych założeń nie wymagających weryfikacji koniecznych dla realizacji celów tej pracy. Można je podsumować następująco:

1. Propriocepcja jest istotnym elementem kształtującym kontrolę stawu ramiennego.
2. Trening sportowy może mieć istotny wpływ na parametry propriocepcji.
3. Zakładam że przyjęta przeze mnie metodyka pozwoli na zbadanie czucia pozycji stawu oraz określenie poszczególnych parametrów klinicznych i morfologicznych stawu ramiennego, oraz że zastosowane przeze mnie metody pomiarowe są miarodajne dla oceny funkcji stawu ramiennego:
 - a. Ocena propriocepcji stawu ramiennego (Propriometr) – wartość propriocepcji została zbadana, metodyka ta była wcześniej wykorzystywana w naszym zespole [101 102].
 - b. Ocena morfologii w badaniu obrazowym (USG) – jest badaniem o ustalonej wartości diagnostycznej, pozwalającym na określenie morfologii pierścienia rotatorów oraz dynamiczną ocenę stawu ramiennego [103 104].
 - c. Możliwa jest ilościowa ocena subiektywna funkcji stawu ramiennego (określenie poziomu dolegliwości bólowych; ocena zakresu rotacji wewnętrznej i zewnętrznej stawu ramiennego).

3. Hipotezy badawcze

W pracy przyjąłem następujące hipotezy badawcze.

1. Sporty rzutowe wpływają na podniesienie poziomu propriocepcji stawu ramiennego.
2. Poziom propriocepcji wśród sportowców rzucających jest lepszy niż u osób nierzucających, zarówno w przypadku kończyny dominującej (rzucającej) jak i niedominującej.
3. Dominująca (rzucająca) kończyna górna wykazuje lepszy poziom propriocepcji niż kończyna niedominująca.
4. Poziom propriocepcji jest lepszy w wyższych pozycjach kątowych barku.
5. Zawodnicy z dolegliwościami i zmianami patologicznymi barku wykazują się gorszym poziomem propriocepcji niż zawodnicy, u których nie stwierdza się zmian patologicznych.

4. Cele pracy

W pracy przyjąłem następujące cele:

1. Ocena propriocepcji barku, wyrażonej jako błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu ramiennego wśród zawodników piłki ręcznej.
2. Porównanie propriocepcji barku dominującego i niedominującego u piłkarzy ręcznych i osób nieuprawiających sportu.
3. Porównanie propriocepcji barku u piłkarzy ręcznych i osób nieuprawiających sportu.
4. Korelacja propriocepcji barku u piłkarzy ręcznych z wybranymi parametrami klinicznymi.
5. Korelacja propriocepcji barku u piłkarzy ręcznych z wybranymi parametrami biomechanicznymi barku.
6. Korelacja propriocepcji barku u piłkarzy ręcznych z wybranymi parametrami morfologicznymi barku.

5. Materiał badawczy

Dla realizacji celów materiał badawczy oparty był na grupie piłkarzy ręcznych oraz grupie kontrolnej mężczyzn nie uprawiających sportów zawodniczych.

Grupę piłkarzy ręcznych stanowiło 90 zawodników z klubów superligi polskiej. Wszyscy gracze w okresie badania aktywnie uprawiali sport, bez świeżych urazów ani dolegliwości uniemożliwiających grę. Prawy bark był dominujący u 72, a lewy u 18 sportowców. Zawodnicy zakwalifikowani zostali do badania na podstawie specyficznych kryteriów (Tabela 1).

Tabela 1. Kryteria włączające i wykluczające dla grupy piłkarzy ręcznych.

Kryteria włączające	Kryteria wykluczające
– czynni zawodnicy piłki ręcznej, – osoby pełnoletnie (>18 r. ż.), – osoby płci męskiej, – pisemna zgoda zawodnika na udział w badaniu	– urazowe uszkodzenia barku, wykluczające z gry, – dolegliwości lub dysfunkcje barku wykluczające z gry

Grupę kontrolną stanowiło 32 zdrowych ochotników płci męskiej z prawidłową funkcją barków, którzy nie uprawiali sportów wyczynowych. Do tej grupy zakwalifikowałem uczestników na podstawie specyficznych kryteriów (Tabela 2). Prawy bark był dominujący u 31 uczestników, a lewy u 1 osoby. Ograniczenie wiekowe w kryteriach włączających wynika z braku zawodników powyżej 30 roku życia w przebadanej grupie badawczej.

Tabela 2. Kryteria włączające i wykluczające dla grupy kontrolnej.

Kryteria włączające	Kryteria wykluczające
– osoby nieuprawiające wyczynowo sportów rzutowych, – wiek 18 – 30 lat, – osoby płci męskiej, – prawidłowa funkcja barku na podstawie badania podmiotowego i przedmiotowego, – pisemna zgoda na udział w badaniu	– dolegliwości bólowe barku, – przebyte uszkodzenia urazowe lub choroby barku w przeszłości, – przebyte zabiegi operacyjne w obrębie barku

Podstawowa charakterystyka obu grup opisana jest w Tabeli 3. Obydwie grupy różniły się pod względem parametrów antropometrycznych. Piłkarze ręczni byli znacząco wyżsi i ciężsi, co podyktowane jest wymaganiami uprawianej dyscypliny sportowej. Uzyskane wyniki dla parametrów antropometrycznych nie mieściły się w ramach rozkładu normalnego, stąd zmienne ilościowe przedstawiono wykorzystując medianę $\pm$ błąd standardowy (SEM).

Tabela 3. Charakterystyka opisowa uczestników badania.

Cecha	Grupa	Mediana +/- SEM	Wartość p dla testu U Mann Whitney
Wiek (lata)	Piłkarze ręczni (n=90)	25,0 $\pm$ 4,7	NS
	Kontrolna (n=32)	22,4 $\pm$ 1,4	
Wzrost (cm)	Piłkarze ręczni (n=90)	189,0 $\pm$ 6,2	p<0,0001
	Kontrolna (n=32)	180,3 $\pm$ 5,1	
Masa ciała (kg)	Piłkarze ręczni (n=90)	92,3 $\pm$ 11,2	p<0,0001
	Kontrolna (n=32)	77,4 $\pm$ 11,2	

6. Metodyka

Dla realizacji celów pracy przyjąłem protokół badań taki sam dla obu grup badawczych. Protokół obejmował:

- ocenę kliniczną w oparciu o wybrane parametry: subiektywną ocenę stopnia dolegliwości bólowych barku, ocenę zakresu rotacji wewnętrznej i zewnętrznej stawu ramiennego,
- ocenę propriocepcji barku przez aktywne odtworzenie pozycji stawu,
- ocenę morfologii struktur barku w oparciu o badanie ultrasonograficzne (USG).

Badania zostały przeprowadzone w Rehasport Clinic w Poznaniu oraz Katedrze i Klinice Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki UM w Poznaniu. Badanie uzyskało zgodę Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (uchwała nr 772/16 z dnia 16.06.2016). Wszystkie badane osoby zostały poinformowane o celu i zakresie badań oraz podpisali świadomą zgodę na udział w badaniu.

6.1. Ocena kliniczna

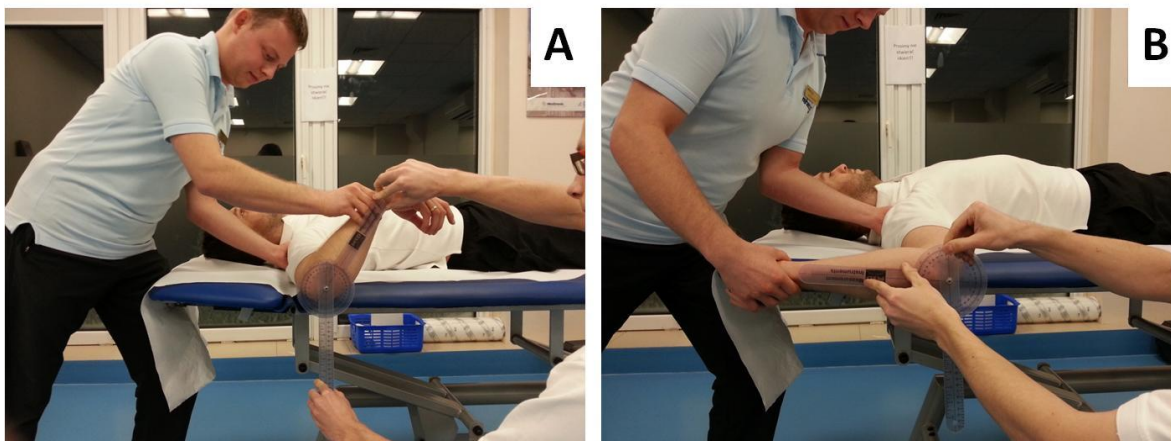
6.1.1. *Określenie poziomu dolegliwości bólowych barku*

Obecność dolegliwości bólowych barku określana była subiektywnie przez osobę badaną w oparciu o skalę VAS od 0 do 10 (Visual Analogue Scale). Poziom minimalny (0) określano jako brak bólu, a poziom maksymalny (10) jako ból nie do zniesienia. Jako istotne dla dalszej analizy uznano dolegliwości bólowe na poziomie przynajmniej 2 w skali VAS, występujące przez okres przynajmniej 1 tygodnia podczas ostatniego miesiąca grania. Przyjęte kryteria oparto na podobnych, używanych przez Almeidę i wsp. [105].

6.1.2. *Pomiar rotacji stawu ramiennego*

Pomiar zakresu ruchów rotacyjnych w stawie ramiennym wykonano przez ułożenie badanego w pozycji leżącej na plecach, z ramieniem odwiedzionym do kąta 90° i łokciem zgiętym pod kątem 90°. Pomiar wykonano w sposób bierny. Granice rotacji ustalono przy pomocy kontroli wzrokowej i manualnej (stabilizacja łopatki), w celu oceny wyłącznie ruchu w stawie ramiennym [106]. Kąty rotacji wewnętrznej (IR) i zewnętrznej (ER) określono przy pomocy goniometru (Ryc. 12). Na podstawie uzyskanych wartości pomiarów wykonano dodatkowe obliczenia: całkowity zakres ruchu (Total Arc of Motion – TAM – suma ER i IR; $TAM = ER + IR$), deficyt rotacji wewnętrznej (GIRD – różnica IR między barkiem niedominującym, a dominującym; $GIRD = IR_{\text{niedominujący}} - IR_{\text{dominujący}}$), deficyt

całkowitego zakresu ruchu (Total Arch of Motion Deficit – TAMD – różnica TAM między barkiem niedominującym, a dominującym; $TAMD = TAM \text{ niedominujący} - TAM \text{ dominujący}$). Zbadałem także częstość występowanie różnych zakresów GIRD i TAMD: $>5^\circ$, $>10^\circ$, $>15^\circ$, $>20^\circ$ i 25° . Podyktowane to było różnymi poziomami ubytków rotacji uznawanymi w literaturze jako istotne klinicznie.



Rycina 12. Pomiar zakresu ruchów rotacyjnych w stawie ramiennym (A – rotacja wewnętrzna; B – rotacja zewnętrzna) (materiał własny).

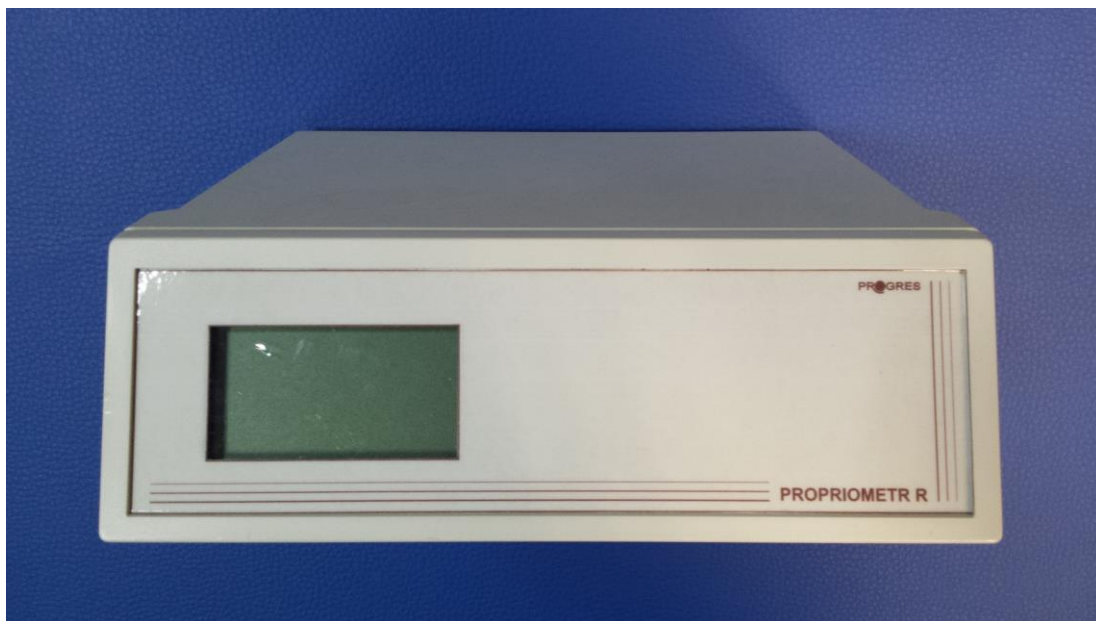
6.2. Badanie propriocepcji

W pracy badałem czucie pozycji stawu ramiennego. Wykonałem w tym celu ocenę czynnego odtworzenia pozycji stawu (Active Reproduction of Joint Position – ARJP). Polega ono na odtworzeniu przez badanego zadanej pozycji ramienia. Wynikiem badania jest błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu (Error of Active Reproduction of Joint Position – EARJP). Wyrażany jest w stopniach, jako wartość bezwzględna różnicy pomiędzy kątem zadany (wzorcowy) przez badającego, a kątem odtworzenia pozycji przez badanego. Badanie zostało wykonane z użyciem elektronicznego goniometru o dużej dokładności (Propriometr). Jego budowa i metodyka zostały wcześniej opublikowane [101 102 107]. Dokonano także walidacji metodyki badania propriocepcji przy użyciu Propriometru [108].

6.2.1. Opis urządzenia PROPRIOMETR (elektroniczny goniometr)

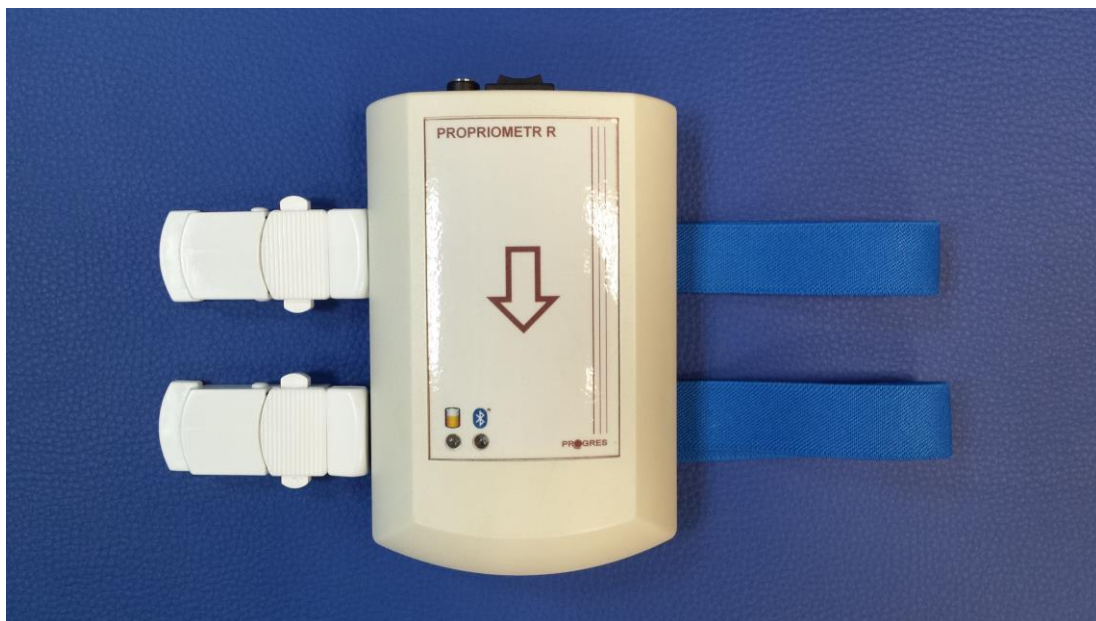
Propriometr jest elektronicznym goniometrem. Pozwala na płynną ocenę kąta odchylenia z dokładnością do $0,1^\circ$. Działa pod kontrolą bezpośrednią oraz poprzez komputer klasy PC. Został skonstruowany przy współpracy Katedry Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki z firmą Progress (Ostrów Wlkp.). Urządzenie składa się z kilku komponentów:

- Panel PC – pełni funkcje urządzenia sprzęgającego wszystkie elementy zestawu pomiarowego z komputerem PC; dodatkowo wyposażony jest w lokalny wyświetlacz pokazujący bezwzględną wartość kąta odchylenia (Ryc. 13).



Rycina 13. Panel PC – urządzenie sprzęgające wszystkie elementy zestawu pomiarowego z komputerem PC (materiał własny).

- Panel X – jest modułem jednoosiowego przetwornika położenia ramienia, wykorzystywanym w badaniach odwiedzenia, zgięcia, rotacji zewnętrznej i wewnętrznej. Zasada działania przetwornika polega na pomiarze odchylenia położenia przetwornika w osi „X” względem kierunku linii pola magnetycznego ziemi. Podczas pomiaru druga oś „Z” musi być ustawiona prostopadle w stosunku do kierunku linii tego pola. Kierunek wektora osi „Z” względem południków nie ma wpływu na wskazania urządzenia. Moduł montowany jest do ramienia pacjenta za pomocą dwóch pasków. Panel X zawiera akcelerometr CMOS firmy MEMSIC, o zakresie pomiarowym $\pm 2,0g$. Jest to przetwornik pozbawiony elementów mechanicznych. Zasada działania opiera się na zjawisku przepływu ciepła. Masę bezwładnościową stanowi kula rozgrzanego gazu, a jej przemieszczenie, spowodowane zmianą położenia czujnika względem pola magnetycznego ziemi jest mierzone za pomocą wielu rozmieszczonych symetrycznie mikrotermopar (Ryc. 14).



Rycina 14. Panel X – jednoosiowy przetwornik położenia ramienia (materiał własny).

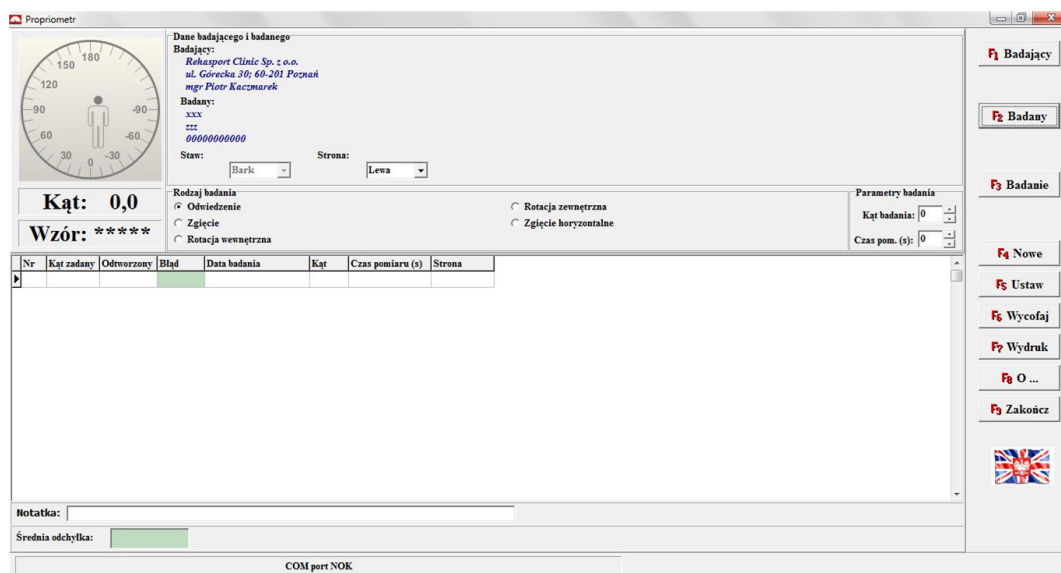
- Pilot – służy do zatwierdzania pozycji stawu modulem jednoosiowego przetwornika położenia ramienia. Zasada działania przetwornika polega na pomiarze odchylenia położenia przetwornika w osi „X” względem kierunku linii pola magnetycznego ziemi (Ryc. 15).



Rycina 15. Pilot – urządzenie do zatwierdzania pozycji stawu (materiał własny).

- Komputer oraz oprogramowanie – specjalnie do tego celu stworzony został program komputerowy. Pozwala on na graficzne śledzenie odchylenia przetwornika oraz śledzenie wartości kąta odchylenia. Zaprogramowano możliwość zapisu podstawowych danych obejmujących dane pacjenta, poszczególne kierunki ruchu, powtórzenia pomiarów oraz kolejne badania. Program pozwala na wybór

następujących kierunków ruchu: zgięcie, odwiedzenie, rotacja zewnętrzna i wewnętrzna. Badania danego pacjenta są zapisywane do bazy danych. Istnieje możliwość wydruku raportu z badania oraz eksportowanie bazy danych do arkusza kalkulacyjnego (Ryc. 16).



Rycina 16. Główne okno programu PROPRIOMETR (materiał własny).

Urządzenie PROPRIOMETR spełnia normy bezpieczeństwa wymagane dla urządzeń medycznych. Wszystkie elementy składowe urządzenia zasilane są bezpiecznym napięciem o wartości 12V. Panel PC posiada napięciową separację galwaniczną, oddzielającą komputer od pozostałych elementów urządzenia. Do urządzenia dołączona jest precyzyjna instrukcja obsługi.

6.2.2. Przygotowanie do badania

Po włączeniu zasilanego akumulatorowo bezprzewodowego czujnika grawitacyjnego (Panel X) umieszczany jest on na ramieniu lub przedramieniu badanego w zależności od kierunku ruchu – dla ruchu zgięcia i odwiedzenia jest to ramię badanego, a dla ruchu rotacji wewnętrznej i zewnętrznej przedramię badanego. Do przeciwnej ręki niż kończyna badana wręcza się badanemu pilot. Następnie włączana jest jednostka centralna PROPRIOMETRU, która połączona jest przewodowo z komputerem PC (Ryc. 17).



Rycina 17. Połączenie jednostki centralnej PROPRIOMETRU z komputerem (materiał własny).

Po automatycznym ustaleniu połączenia bluetooth pomiędzy „Panelem PC” a „Panelem X” następuje uruchomienie oprogramowania „PROPRIOMETR” na komputerze PC. W programie dokonuje się wprowadzenia do bazy danych osoby badanej oraz wybór odpowiednich parametrów badania – badana kończyna i kierunek ruchu. W dalszej kolejności osoba badana instruowana jest co do obsługi urządzenia oraz metodyki badania. Badanie jest wykonywane w pomieszczeniu, które zapewnia spokój i ciszę dla właściwej koncentracji. Oczy badanego przesłonięte są specjalną opaską celem eliminacji kontroli wzrokowej. Zadaniem osoby badanej jest jak najlepsze odtworzenie zademonstrowanej na jego własnym ramieniu pozycji stawu.

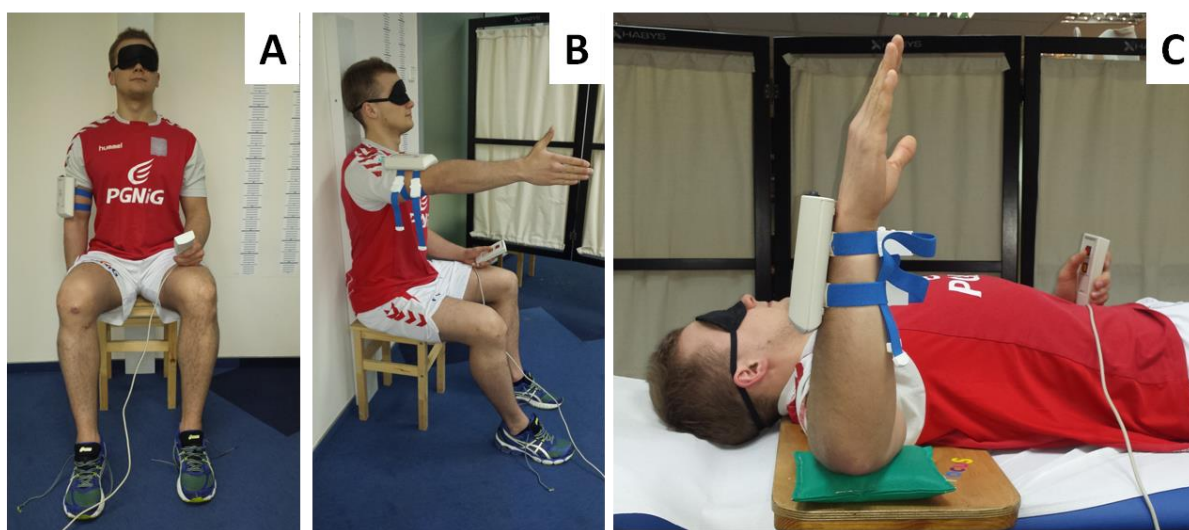
6.2.3. Przebieg badania

W pierwszej fazie badający demonstruje pozycję referencyjną poprzez odchylenie ramienia badanego do wybranego kąta. Badający unosi kończynę od pozycji początkowej do pozycji wzorcowej (ruch czynny wspomagany) z prędkością kątową ok 20°/s. Zadana pozycja utrzymywana jest czynnie przez badanego przez ok. 3 sek., zapamiętywana, a następnie zatwierdzana poprzez naciśnięcie przycisku w pilocie. Następnie ramię powraca do pozycji początkowej. W kolejnej fazie badany proszony jest o czynne odtworzenie wzorcowego kąta. Po odtworzeniu pozycji ramienia badany zatwierdza pozycję przez naciśnięcie przycisku w pilocie. W ten sposób dane kąta wzorcowego i odtworzonego rejestrowane są w bazie danych. Po zapisaniu kąta odtworzenia program automatycznie wylicza różnicę pomiędzy kątem wzorcowym a odtworzonym. Procedura powtarzana jest dla każdego badanego kąta.

Badanie przeprowadzane jest w 4 kierunkach ruchu: odwiedzenie, zgięcie, rotacja zewnętrzna i wewnętrzna. W każdej z tych pozycji oceniane są 3 pozycje wzorcowe. Dla ruchu zgięcia i odwiedzenia są to kąty 60°, 90° i 120°. Dla ruchu rotacji wewnętrznej i zewnętrznej wybrano pozycję 30°, 45° i 60°. Dla każdego kierunku ruchu oraz każdej pozycji w danym ruchu wykonywane są 3 powtórzenia. Średnia z wartości bezwzględnej tych 3 pomiarów jest wynikiem końcowym. Badania zawsze wykonywane jest dla obu kończyn. W końcowym raporcie badania uzyskuje się 24 wyniki EARJP na podstawie 72 pomiarów.

Badanie zgięcia i odwiedzenia wykonywane jest w pozycji siedzącej, tak, aby oś długa ciała ustawiona była równolegle do linii sił pola grawitacyjnego (Ryc. 18A, B). Ruch zgięcia badany jest w płaszczyźnie strzałkowej, a ruch odwiedzenia w płaszczyźnie łopatkowej. Obydwa ruchy wykonywane są w neutralnej rotacji ramienia i zaczynają się od pozycji początkowej, którą jest neutralna pozycja ramienia.

Ruchy rotacyjne badane są w pozycji leżącej (Ryc. 18C). Pozycją początkową badanej kończyny jest odwiedzenie ramienia do 90° i pionowe ustawienie przedramienia (pozycja pośrednia między rotacją wewnętrzną i zewnętrzną). Przebieg badania jest identyczny z opisanym wcześniej dla ruchu zgięcia i odwiedzenia.



Rycina 18. Technika pomiaru czucia pozycji stawu (JPS) (A – pozycja wyjściowa dla ruchu zgięcia i odwiedzenia; B – badanie zgięcia; C – pozycja wyjściowa dla ruchu rotacji wewnętrznej i zewnętrznej) (materiał własny).

6.3. Ocena morfologii struktur barku

Ocenę morfologii struktur barku oparto o badanie ultrasonograficzne (USG). Wybrano tę metodę, ze względu na jej uznaną wartość, bezpieczeństwo oraz dostępność. Badanie wykonane było przez doświadczonego radiologa mięśniowo – szkieletowego

z zastosowaniem wysokiej jakości ultrasonografu HD11 XE Philips (Andover, MA, USA). Celem badania było wykrycie patologii dostępnych w badaniu USG, ze szczególnym uwzględnieniem tych, które są charakterystyczne dla sportów rzutowych (konflikt wewnętrzny, uszkodzenia PASTA). W trakcie oceny USG rejestrowano występowanie następujących uszkodzeń lub zjawisk:

- konflikt wewnętrzny (Ryc. 19),
- uszkodzenie pierścienia rotatorów (PASTA),
- patologia LHBT,
- zapalenie kaletki podbarkowej,
- patologia stawu barkowo – obojczykowego.



Rycina 19. Ocena obecności konfliktu wewnętrznego barku na podstawie badania ultrasonograficznego (materiał własny).

7. Metody statystyczne

Badanie normalności rozkładu zostało przeprowadzone testem Kolmogorov'a – Smirnov'a. Różnice między stronami w ramach danej grupy (bark rzucający i nierzucający u piłkarzy ręcznych oraz bark dominujący i niedominujący w grupie kontrolnej) zostały sprawdzone testem Mann – Whitney'a oraz testem Welch'a. Różnice między grupami dotyczące wartości EARJP również zostały sprawdzone testem Mann – Whitney'a. Do przeprowadzenia analizy różnic pomiędzy grupami (piłkarze ręczni i grupa kontrolna) dla wszystkich czterech rodzajów ruchów (odwiedzenie, zgięcie, rotacja wewnętrzna, rotacja zewnętrzna) dla trzech różnych kątów testu (60° , 90° i 120° lub 30° , 45° i 60°) wykorzystano bezparametrową jednoczynnikową analizę wariancji rang wg Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn'a. Istotność statystyczna została ustawiona na $p < 0,05$. Analiza statystyczna została przeprowadzona programem PQStat v.1.4.8 oraz Statistica 10 (StatSoft).

8. Wyniki

8.1. Propriocepcja barku

W tabeli 4 przedstawiono szczegółowe wyniki błędów czynnego odtworzenia dla poszczególnych ruchów i pozycji kątowych (EARJP) oraz istotności różnic pomiędzy grupami oraz w obrębie grup badawczych.

Tabela 4. Wartości EARJP w grupie kontrolnej (CG) i grupie piłkarzy ręcznych (HB).

†Mediana $\pm$ SEM (kwartyle), 95% CI; SEM = standardowy błąd pomiaru; CI = przedziały ufności; NS = brak istotności.

Ruch	Kąt	Grupa	Rzucający / dominujący bark†	p*	Nierzucający / niedominujący bark†	p value*	p**
Odwiedzenie	60°	CG n=32	4.9 $\pm$ 0.5 (3.1 – 7.4) 95%CI: 4.4 – 6.5	NS	5.2 $\pm$ 0.5 (3.2 – 6.9) 95%CI: 4.2 – 6.1	NS	NS
		HB n=90	4.4 $\pm$ 0.4 (2.8 – 7.8) 95%CI: 4.8 – 6.3		4.7 $\pm$ 0.3 (3.2 – 6.8) 95%CI: 4.7 – 6.0		NS
	90°	CG n=32	3.5 $\pm$ 0.4 (2.8 – 4.9) 95%CI: 3.3 – 4.9	p=0.037	3.7 $\pm$ 0.3 (3.1 – 4.7) 95%CI: 3.5 – 4.7	NS	NS
		HB n=90	2.8 $\pm$ 0.2 (1.8 – 4.6) 95%CI: 2.8 – 3.7		3.9 $\pm$ 0.2 (2.4 – 5.5) 95%CI: 3.8 – 4.7		p=0.019
	120°	CG n=32	4.1 $\pm$ 0.4 (3.2 – 4.9) 95%CI: 3.7 – 5.2	p=0.001	3.5 $\pm$ 0.3 (2.9 – 4.6) 95%CI: 3.4 – 4.7	NS	NS
		HB n=90	2.9 $\pm$ 0.3 (2.0 – 4.2) 95%CI: 3.0 – 4.1		3.7 $\pm$ 0.3 (2.4 – 5.7) 95%CI: 3.6 – 4.6		p=0.024
Zgięcie	60°	CG n=32	3.5 $\pm$ 0.5 (2.4 – 6.8) 95%CI: 3.8 – 6.0	NS	3.9 $\pm$ 0.6 (2.9 – 7.1) 95%CI: 4.0 – 6.5	NS	NS
		HB n=90	4.7 $\pm$ 0.3 (3.0 – 6.3) 95%CI: 4.5 – 5.7		5.1 $\pm$ 0.4 (2.6 – 7.7) 95%CI: 5.0 – 6.7		NS
	90°	CG n=32	3.3 $\pm$ 0.2 (2.3 – 4.1) 95%CI: 2.8 – 3.8	NS	2.5 $\pm$ 0.3 (2.2 – 3.9) 95%CI: 2.6 – 3.7	NS	NS
		HB n=90	2.6 $\pm$ 0.2 (1.5 – 4.4) 95%CI: 2.6 – 3.5		3.2 $\pm$ 0.3 (1.9 – 5.3) 95%CI: 3.3 – 4.2		p=0.037
	120°	CG n=32	3.2 $\pm$ 0.3 (2.4 – 4.9) 95%CI: 3.1 – 4.2	p=0.035	3.3 $\pm$ 0.3 (2.5 – 4.3) 95%CI: 2.9 – 4.2	NS	NS
		HB n=90	2.7 $\pm$ 0.2 (1.9 – 3.7) 95%CI: 2.7 – 3.4		3.2 $\pm$ 0.2 (2.5 – 4.7) 95%CI: 3.4 – 4.4		p=0.037
Rotacja wewnętrzna	30°	CG n=32	2.5 $\pm$ 0.2 (2.0 – 3.9) 95%CI: 2.4 – 3.2	NS	3.5 $\pm$ 0.3 (2.4 – 4.6) 95%CI: 3.1 – 4.1	NS	p=0.033
		HB n=90	2.6 $\pm$ 0.1 (1.8 – 3.6) 95%CI: 2.5 – 3.0		2.9 $\pm$ 0.2 (2.0 – 3.8) 95%CI: 2.8 – 3.6		NS
	45°	CG n=32	2.6 $\pm$ 0.2 (2.0 – 3.1) 95%CI: 2.3 – 3.0	NS	2.8 $\pm$ 0.2 (2.2 – 3.4) 95%CI: 2.5 – 3.3	NS	NS
		HB n=90	2.6 $\pm$ 0.2 (1.6 – 3.6) 95%CI: 2.4 – 3.1		2.9 $\pm$ 0.2 (2.0 – 4.2) 95%CI: 2.8 – 3.6		NS
	60°	CG n=32	2.6 $\pm$ 0.3 (1.9 – 3.8) 95%CI: 2.5 – 3.5	p=0.045	2.3 $\pm$ 0.2 (1.7 – 3.0) 95%CI: 2.0 – 3.0	p=0.018	NS
		HB n=90	2.1 $\pm$ 0.1 (1.5 – 3.2) 95%CI: 2.1 – 2.7		3.1 $\pm$ 0.2 (2.1 – 3.8) 95%CI: 2.8 – 3.4		p<0.001

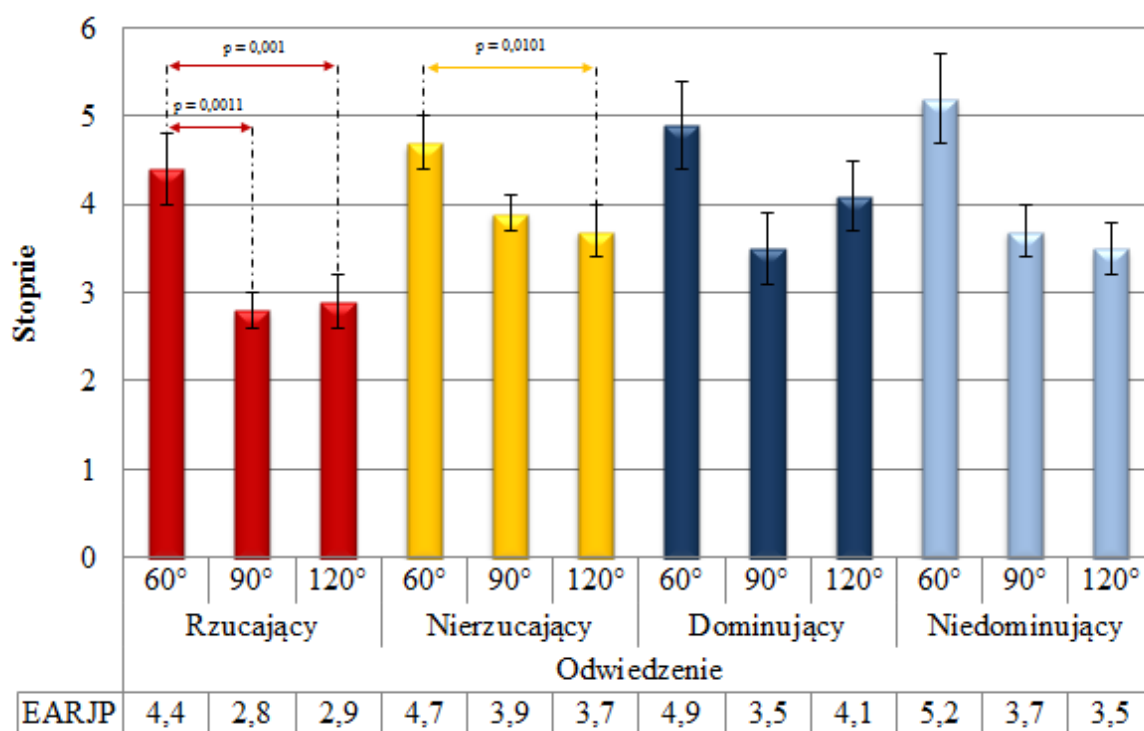
Rotacja zewnętrzna	30°	CG n=32	3.1 ±0.2 (2.1 – 3.6) 95%CI: 2.5 – 3.5	NS	3.1 ±0.3 (2.1 – 4.1) 95%CI: 2.8 – 3.9	NS	NS
		HB n=90	2.6 ±0.2 (1.8 – 3.6) 95%CI: 2.6 – 3.3		3.2 ±0.2 (2.3 – 4.5) 95%CI: 3.2 – 4.0		p=0.009
	45°	CG n=32	2.7 ±0.2 (1.7 – 3.6) 95%CI: 2.3 – 3.2	NS	2.7 ±0.2 (1.9 – 3.5) 95%CI: 2.4 – 3.2	NS	NS
		HB n=90	2.5 ±0.2 (1.7 – 3.7) 95%CI: 2.6 – 3.5		3.0 ±0.2 (1.9 – 3.9) 95%CI: 2.9 – 3.6		NS
	60°	CG n=32	3.1 ±0.3 (2.2 – 4.3) 95%CI: 2.7 – 4.1	p=0.012	2.8 ±0.3 (2.0 – 3.8) 95%CI: 2.4 – 3.4	NS	NS
		HB n=90	2.3 ±0.2 (1.3 – 3.3) 95%CI: 2.2 – 3.1		3.0 ±0.2 (1.8 – 4.5) 95%CI: 2.8 – 3.6		p=0.022

*istotność pomiędzy grupami mierzona testem U Mann – Whitney; **istotność pomiędzy stronami w obrębie jednej grupy mierzona testem U Mann – Whitney.

8.1.1. Porównanie wyników w grupach

8.1.1.1. Odwiedzenie

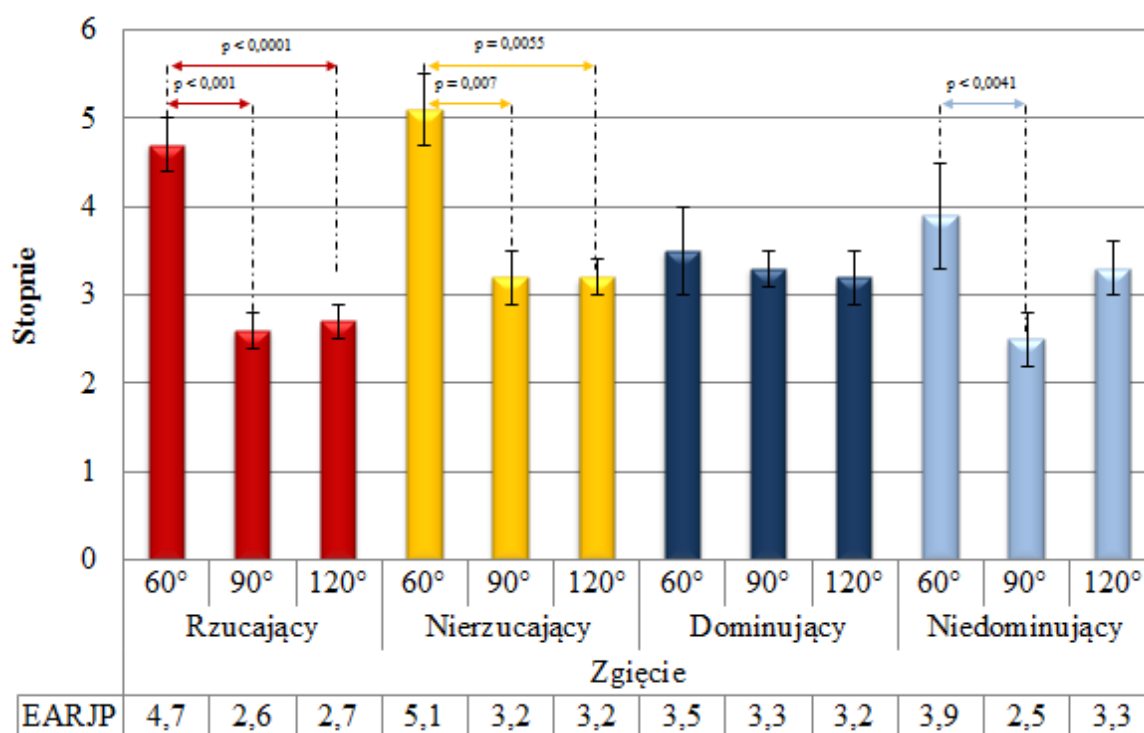
Testy post hoc wykonywane testem Dunn'a wykazały istotne różnice w grupie piłkarzy ręcznych dla ruchu odwiedzenia (Ryc. 20). Dla barku rzucającego uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego dla kątów 90° i 120° w porównaniu z kątem 60° (odpowiednio, 2,8°±0,2° vs 2,9°±0,3° vs z 4,4°±0,4°) (Tabela 4). Podobne wyniki zaobserwowano dla barku nierzucającego przy kącie 120° w porównaniu z kątem 60° i 90° (odpowiednio, 3,7°±0,3° vs 4,7°±0,3° vs 3,9°±0,2°). W porównaniu z barkiem nierzucającym, bark rzucający wykazał istotnie wyższy poziom czucia głębokiego dla kąta 90° i 120° (odpowiednio, 2,8°±0,2° vs 3,9°±0,2° i 2,9°±0,3° vs 3,7°±0,3°) (Tabela 4). Nie odnotowano istotnych różnic w grupie kontrolnej.



Rycina 20. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach odwiedzenia dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).

8.1.1.2. Zgięcie

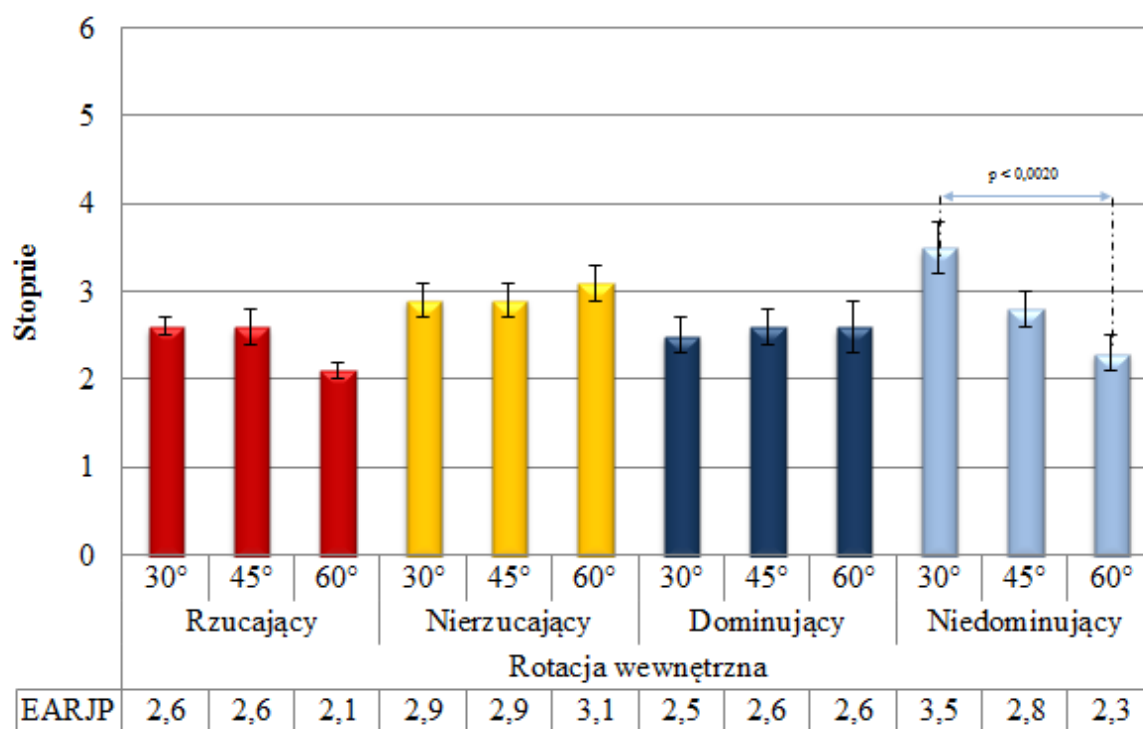
Analiza post hoc wykazała istotne różnice w grupie piłkarzy ręcznych dla ruchu zgięcia (Ryc. 21). Dla barku rzucającego uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego dla kątów 90° i 120° w porównaniu z kątem 60° (odpowiednio, $2,6^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $2,7^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $4,7^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$). Takie same istotności zaobserwowano w barku nierzucającym dla kąta 90° i 120° w porównaniu z kątem 60° (odpowiednio, $3,2^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ vs $3,2^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $4,7^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$). Bark rzucający uzyskał istotnie niższe wartości EARJP, w porównaniu z barkiem nierzucającym dla kąta 90° i 120° (odpowiednio, $2,6^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $3,2^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ i $2,7^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $3,3^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$) (Tabela 4). W grupie kontrolnej odnotowano istotnie wyższe wyniki dla kąta 60° w porównaniu z kątem 90° w barku niedominującym ($3,9^{\circ} \pm 0,6^{\circ}$ vs $2,5^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$).



Rycina 21. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach zgięcia dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).

8.1.1.3. Rotacja wewnętrzna

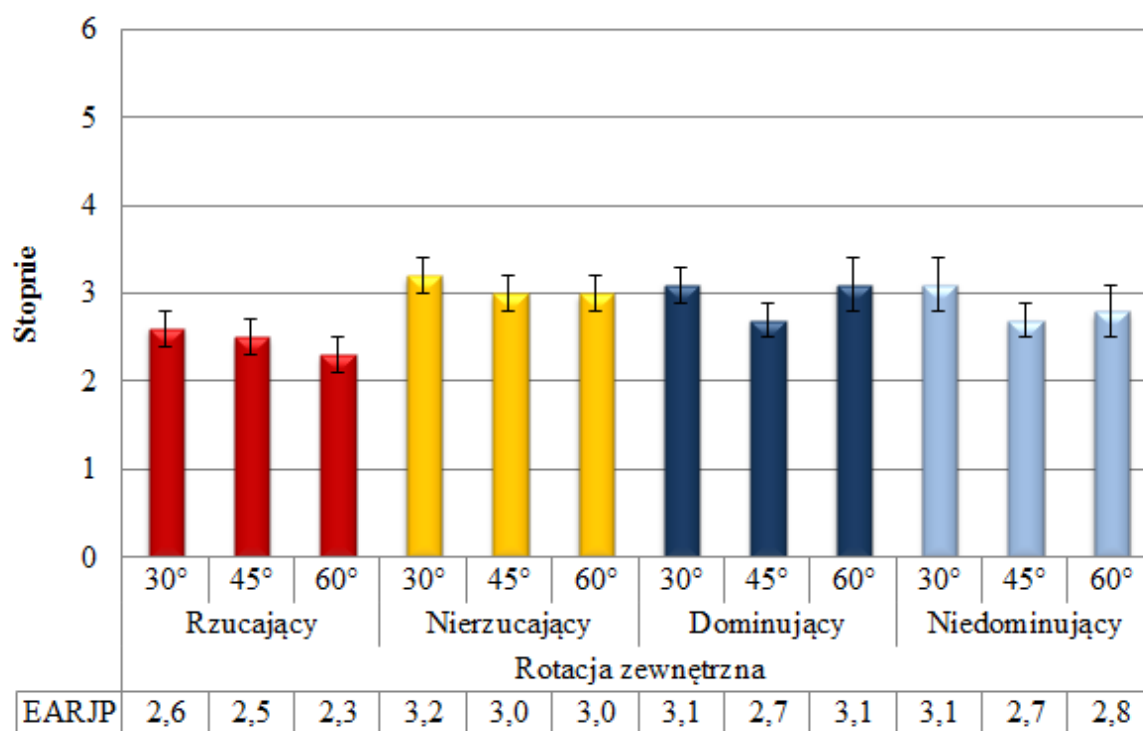
Dla ruchu rotacji wewnętrznej zaobserwowano różnice istotne statystyczne wyłącznie dla strony niedominującej w grupie kontrolnej (Ryc. 22). Analiza post hoc wykazała istotnie lepsze czucie pozycji stawu dla kąta 60° w porównaniu z kątem 30° w grupie kontrolnej ($2,3^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $3,5^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$). Porównanie strony dominującej z niedominującą wykazało istotnie lepszy poziom czucia głębokiego w barku dominującym dla kąta 30° w grupie kontrolnej ($2,5^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $3,5^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$) i w barku rzucającym dla kąta 60° w grupie piłkarzy ręcznych ($2,1^{\circ} \pm 0,1^{\circ}$ vs $3,1^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$) (Tabela 4).



Rycina 22. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach rotacji wewnętrznej dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).

8.1.1.4. Rotacja zewnętrzna

Testy post hoc wykonywane testem Dunn’a nie wykazały statystycznie istotnych różnic ani w grupie kontrolnej, ani w grupie piłkarzy ręcznych dla żadnej z badanych pozycji w ruchu rotacji zewnętrznej (Ryc. 23). Bark rzucający wykazał istotnie niższy EARJP w porównaniu do strony przeciwnej dla kąta 30° i 60° (odpowiednio, $2,6^{\circ} \pm 0,2$ vs $3,2^{\circ} \pm 0,2$ oraz $2,3^{\circ} \pm 0,2$ vs $3^{\circ} \pm 0,2$) (Tabela 4).



Rycina 23. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach rotacji zewnętrznej dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).

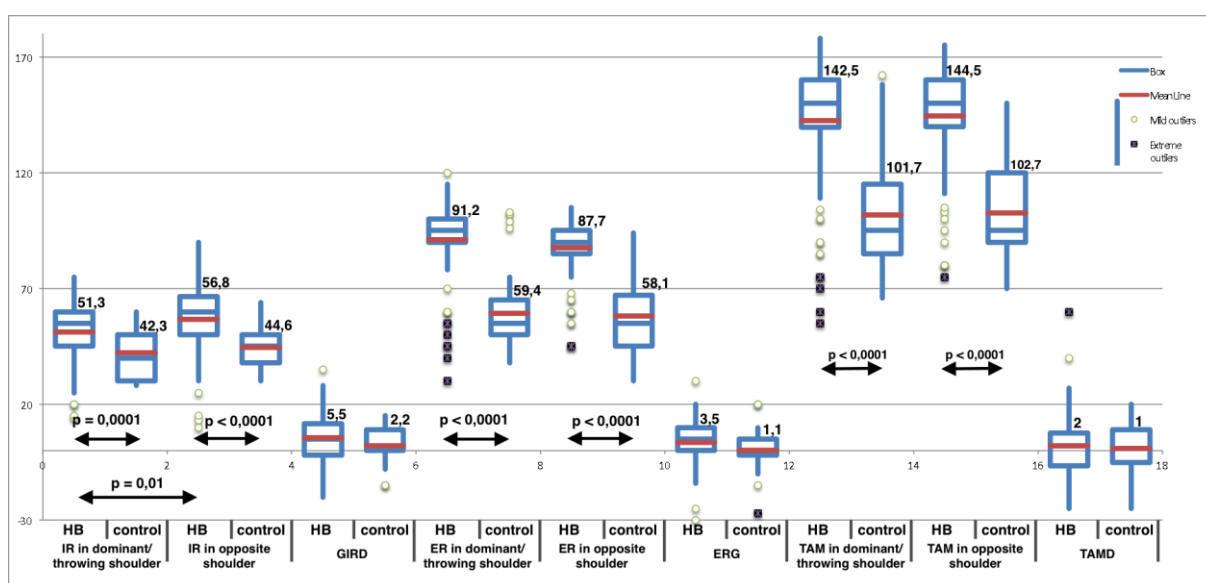
8.1.2. Porównanie wyników pomiędzy grupami

Badanie wykazało istotnie lepszy poziom czucia pozycji stawu (niższy EARJP) wśród sportowców rzucających, w porównaniu do grupy kontrolnej w wyższych pozycjach kątowych dla odwodzenia ($2,9^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ vs $4,1^{\circ} \pm 0,4^{\circ}$), zgięcia ($2,7^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $3,2^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$), rotacji wewnętrznej ($2,1^{\circ} \pm 0,1^{\circ}$ vs $2,6^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$) i rotacji zewnętrznej ($2,3^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$ vs $3,1^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$). Nie wykazano istotnych różnic pomiędzy barkiem nierzucającym sportowców, a barkiem niedominującym grupy kontrolnej dla żadnego ruchu ani kąta z wyjątkiem rotacji wewnętrznej dla kąta 60° ($2,8^{\circ} \pm 0,3^{\circ}$ vs $2,3^{\circ} \pm 0,2^{\circ}$) (Tabela 4).

8.2. Zakresy ruchów rotacyjnych w stawie ramiennym

Piłkarze ręczni wykazali znacząco wyższe zakresy IR i ER oraz TAM, w porównaniu do grupy kontrolnej (Ryc. 24). Bark rzucający w grupie piłkarzy ręcznych wykazał istotne statystycznie zmniejszenie IR i zwiększenie ER w porównaniu ze stroną przeciwną. W grupie kontrolnej nie odnotowano takich różnic. Nie wykazano istotnych różnic między deficytami

rotacji (GIRD, TAMD) przy porównaniu grupy badawczej z grupą kontrolną. Nie wykazano również istotnych różnic w częstości występowania GIRD i TAMD pomiędzy badanymi grupami. Deficyt rotacji wewnętrznej występował w grupie piłkarzy ręcznych i grupie kontrolnej odpowiednio w 61% (n=53) i 51% (n=21) dla $GIRD > 0^\circ$, 54% (n=47) i 39% (n=16) dla $GIRD > 5^\circ$, 37% (n=32) i 24% (n=10) dla $GIRD > 10^\circ$, 13% (n=11) i 2% (n=1) dla $GIRD > 20^\circ$, 2% (n=2) i 0% (n=0) dla $GIRD > 25^\circ$. Deficyt całkowitego zakresu ruchu występował w grupie piłkarzy ręcznych i w grupie kontrolnej odpowiednio w 52% (n=45) i 51% (n=21) dla $TAMD > 0^\circ$, 40% (n=35) i 44% (n=18) dla $TAMD > 5^\circ$, 24% (n=21) i 20% (n=8) dla $TAMD > 10^\circ$, 7% (n=6) i 2% (n=1) dla $TAMD > 20^\circ$, 6% (n=5) i 0% (n=0) dla $TAMD > 25^\circ$.



Rycina 24. Wyniki zakresów ruchów rotacyjnych i deficytów wśród piłkarzy ręcznych i grupy kontrolnej. Strzałki z wartością p reprezentują statystyczne porównanie pomiędzy poszczególnymi wartościami dla piłkarzy ręcznych i grupy kontrolnej (test dla wartości nieparametrycznych Mann'a – Whitney'a). ER – rotacja zewnętrzna, IR – rotacja wewnętrzna, TAM – całkowity zakres ruchu, GIRD – ubytek rotacji wewnętrznej, TAMD – ubytek całkowitego zakresu ruchu.

8.2.1. Wpływ obecności GIRD i TAMD na poziom propriocepcji barku

W tabeli 5 przedstawiono szczegółowe wyniki błędów czynnego odtworzenia dla poszczególnych ruchów i pozycji kątowych (EARJP) barku rzucającego oraz istotności różnic pomiędzy zawodnikami, u których stwierdzono GIRD w barku rzucającym, a zawodnikami bez ubytku IR.

Tabela 5. Wartości EARJP dla barku rzucającego w grupie piłkarzy ręcznych w zależności od nasilenia występowania ubytku rotacji wewnętrznej (GIRD). SD = odchylenie standardowe; NS = brak istotności.

Pomiar			GIRD > 5°		GIRD > 10°		GIRD > 20°		GIRD > 25°	
			Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Nie
Odwiedzenie	60°	Średnia ±SD	5.4 ±3.5	5.8 ±3.6	5.2 ±2.7	5.8 ±3.9	4.5 ±1.7	5.7 ±3.7	3.8 ±1.0	5.7 ±3.6
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	90°	Średnia ±SD	3.1 ±2.2	3.3 ±1.9	3.4 ±2.2	3.1 ±2.0	4.5 ±2.3	3.0 ±2.0	2.4 ±1.7	3.2 ±2.1
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	120°	Średnia ±SD	3.1 ±2.2	4.0 ±3.0	3.3 ±2.5	3.7 ±2.7	3.4 ±3.0	3.6 ±2.6	1.9 ±1.4	3.6 ±2.7
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
Zgięcie	60°	Średnia ±SD	4.9 ±2.4	5.1 ±3.5	5.0 ±2.3	4.9 ±3.2	4.5 ±1.2	5.0 ±3.1	3.6 ±1.1	5.0 ±3.0
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	90°	Średnia ±SD	2.5 ±1.8	3.6 ±2.5	2.4 ±1.8	3.4 ±2.4	2.6 ±2.3	3.1 ±2.2	1.6 ±1.1	3.1 ±2.3
		Wartość p*	p<0,02		p<0,022		NS		NS	
	120°	Średnia ±SD	3.0 ±1.7	3.0 ±1.5	3.3 ±1.9	2.8 ±1.4	3.6 ±1.7	2.9 ±1.6	4.6 ±2.2	2.9 ±1.6
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
Rotacja wewnętrzna	30°	Średnia ±SD	2.4 ±1.3	3.0 ±1.3	2.2 ±1.3	2.9 ±1.3	2.4 ±1.4	2.7 ±1.3	2.3 ±1.9	2.7 ±1.3
		Wartość p*	p<0,05		p<0,011		NS		NS	
	45°	Średnia ±SD	2.5 ±1.5	2.2 ±1.7	2.7 ±1.6	2.2 ±1.6	2.4 ±1.1	2.4 ±1.7	1.8 ±1.7	2.4 ±1.6
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	60°	Średnia ±SD	2.2 ±1.2	2.5 ±1.5	2.1 ±1.2	2.4 ±1.4	2.1 ±1.1	2.3 ±1.4	1.7 ±0.4	2.3 ±1.4
		Wartość p*	NS		NS		NS		p<0,04	

Rotacja zewnętrzna	30°	Średnia ±SD	3.2 ±2.0	2.6 ±1.4	3.2 ±2.2	2.7 ±1.4	3.4 ±3.0	2.8 ±1.5	4.7 ±4.7	2.8 ±1.5
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	45°	Średnia ±SD	3.0 ±2.0	2.2 ±2.1	3.2 ±1.7	2.3 ±2.2	2.8 ±1.1	2.6 ±2.2	2.6 ±0.7	2.6 ±2.1
		Wartość p*	NS		p<0,034		NS		NS	
	60°	Średnia ±SD	2.8 ±2.1	2.2 ±1.8	2.7 ±2.0	2.4 ±1.9	3.1 ±1.8	2.4 ±1.9	2.4 ±1.1	2.5 ±2.0
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	

*istotność pomiędzy stronami w obrębie jednej grupy mierzona testem Welch Two Sample t-test.

Testy post hoc wykonywane testem Welch'a wykazały istotne różnice dla barku rzucającego dla ruchu zgięcia, rotacji wewnętrznej i zewnętrznej w przypadku występowania ubytku rotacji wewnętrznej (GIRD). Dla GIRD>5° uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego dla kąta 90° zgięcia (odpowiednio, 2,5° ±1,8° vs 3,6° ±2,5°) oraz 30° rotacji wewnętrznej (odpowiednio, 2,4° ±1,3° vs 3,0° ±1,3°) (Tabela 5). Dla GIRD>10° uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego także dla kąta 90° zgięcia (odpowiednio, 2,4° ±1,8° vs 3,4° ±2,4°) i 30° rotacji wewnętrznej (odpowiednio, 2,2° ±1,3° vs 2,9° ±1,3°), z kolei dla kąta 45° rotacji zewnętrznej uzyskano lepszy poziom czucia głębokiego w grupie zawodników bez ubytku rotacji wewnętrznej (odpowiednio, 3,2° ±1,7° vs 2,3° ±2,2°) (Tabela 5). W przypadku GIRD>25° uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego dla kąta 60° rotacji wewnętrznej (odpowiednio, 1,7° ±0,4° vs 2,3° ±1,4°) (Tabela 5).

W tabeli 6 przedstawiono szczegółowe wyniki błędów czynnego odtworzenia dla poszczególnych ruchów i pozycji kątowych (EARJP) barku rzucającego oraz istotności różnic pomiędzy zawodnikami, u których stwierdzono TAMD w barku rzucającym, a zawodnikami bez ubytku TAM.

Tabela 6. Wartości EARJP dla barku rzucającego w grupie piłkarzy ręcznych w zależności od nasilenia występowania ubytku całkowitego zakresu ruchu (TAMD). SD = odchylenie standardowe; NS = brak istotności.

Pomiar	TAMD > 5°		TAMD > 10°		TAMD > 20°		TAMD > 25°	
	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Nie

Odwiedzenie	60°	Średnia ±SD	4.9 ±2.6	6.0 ±4.0	5.4 ±2.9	5.6 ±3.7	5.3 ±3.2	5.6 ±3.6	6.1 ±3.6	5.5 ±3.5
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	90°	Średnia ±SD	3.5 ±2.1	3.0 ±2.1	3.9 ±2.3	3.0 ±1.9	3.9 ±2.5	3.1 ±2.0	3.3 ±2.7	3.2 ±2.0
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	120°	Średnia ±SD	3.5 ±2.3	3.6 ±2.8	3.8 ±2.7	3.5 ±2.6	3.9 ±2.8	3.5 ±2.6	4.3 ±3.3	3.5 ±2.6
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
Zgięcie	60°	Średnia ±SD	4.5 ±2.3	5.3 ±3.3	4.9 ±1.7	5.0 ±3.3	4.6 ±1.5	5.0 ±3.1	4.5 ±1.8	5.0 ±3.0
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	90°	Średnia ±SD	2.4 ±1.8	3.4 ±2.4	2.6 ±2.1	3.2 ±2.3	2.7 ±1.8	3.1 ±2.3	2.5 ±1.7	3.1 ±2.3
		Wartość p*	p<0,021		NS		NS		NS	
	120°	Średnia ±SD	2.8 ±1.5	3.1 ±1.7	3.1 ±1.7	3.0 ±1.6	2.9 ±1.3	3.0 ±1.7	2.7 ±1.4	3.0 ±1.6
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
Rotacja wewnętrzna	30°	Średnia ±SD	2.3 ±1.4	2.9 ±1.3	2.3 ±1.4	2.8 ±1.3	2.1 ±0.9	2.8 ±1.4	1.8 ±0.9	2.8 ±1.3
		Wartość p*	NS		NS		p<0,041		p<0,02	
	45°	Średnia ±SD	2.8 ±1.7	2.1 ±1.5	2.7 ±1.7	2.3 ±1.6	3.1 ±1.9	2.3 ±1.5	3.1 ±2.3	2.3 ±1.5
		Wartość p*	p<0,04		NS		NS		NS	
	60°	Średnia ±SD	2.2 ±1.3	2.4 ±1.5	2.0 ±1.3	2.4 ±1.4	2.2 ±1.6	2.3 ±1.4	2.1 ±1.7	2.3 ±1.4
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
Rotacja zewnętrzna	30°	Średnia ±SD	3.2 ±2.1	2.7 ±1.4	3.6 ±2.4	2.6 ±1.3	3.9 ±2.7	2.7 ±1.5	4.4 ±3.2	2.7 ±1.4
		Wartość p*	NS		NS		NS		NS	
	45°	Średnia ±SD	3.1 ±2.0	2.3 ±2.0	3.6 ±2.2	2.2 ±1.9	3.6 ±2.3	2.4 ±2.0	3.5 ±2.0	2.5 ±2.1

		Wartość p*	NS		p<0,02		NS		NS	
	60°	Średnia ±SD	3.0 ±2.1	2.4 ±1.8	3.5 ±2.3	2.2 ±1.7	3.7 ±2.8	2.3 ±1.7	3.8 ±2.5	2.4 ±1.8
		Wartość p*	NS		p<0,021		NS		NS	

*istotność pomiędzy stronami w obrębie jednej grupy mierzona testem Welch Two Sample t-test.

Testy post hoc wykonywane testem Welch'a, podobnie jak w przypadku GIRD, wykazały istotne różnice dla barku rzucającego dla ruchu zgięcia, rotacji wewnętrznej i zewnętrznej w przypadku występowania ubytku całkowitego zakresu ruchu (TAMD). Dla TAMD>5° uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego dla kąta 90° zgięcia (odpowiednio, 2,4° ±1,8° vs 3,4° ±2,4°) z kolei dla kąta 45° rotacji wewnętrznej uzyskano lepszy poziom czucia głębokiego w grupie zawodników bez ubytku całkowitego zakresu ruchu (odpowiednio, 2,8° ±1,7° vs 2,1° ±1,5°) (Tabela 6). Dla TAMD>10° uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego dla kąta 45° i 60° rotacji zewnętrznej w grupie zawodników bez ubytku całkowitego zakresu ruchu (odpowiednio, 3,6° ±2,2° vs 2,2° ±1,9° oraz 3,5° ±2,3° vs 2,2° ±1,7°) (Tabela 6). Z kolei dla TAMD>20° oraz TAMD>25° uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego tylko dla kąta 30° rotacji wewnętrznej (odpowiednio, 2,1° ±0,9° vs 2,8° ±1,4° oraz 1,8° ±0,9° vs 2,8° ±1,3°) (Tabela 6).

8.3. Dolegliwości bólowe i zmiany morfologiczne barku

Dolegliwości bólowe w barku rzucającym wg przyjętych kryteriów występowały u 41% piłkarzy ręcznych (n=36). Badanie USG wykazało częściowe uszkodzenie pierścienia rotatorów (RC) od strony stawowej u 14% (n=12) piłkarzy ręcznych oraz konflikt wewnętrzny tylny – górnej części pierścienia rotatorów u 15% (n=13). Nie odnotowano takich zmian w barku przeciwnym. Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy w częstości występowania dolegliwości bólowych związanych z obecnością lub brakiem uszkodzeń RC (54% vs. 45%) oraz konfliktu wewnętrznego (62% vs. 38%). Patologie LHB występowały u 3%, zapalenie kaletki u 9%, a zmiany zwyrodnieniowe u 6%. W tych ostatnich przypadkach, ze względu na rzadkie występowanie, nie analizowano statystycznych korelacji z czuciem pozycji stawu (JPS).

W grupie kontrolnej, zgodnie z założeniami kryteriów włączenia, nie występowały żadne dolegliwości bólowe barków, a badanie USG nie wykazało obecności żadnych zmian patologicznych.

8.3.1. Wpływ występowania dolegliwości bólowych i zmian morfologicznych na poziom propriocepcji barku

W tabeli 7 przedstawiono szczegółowe wyniki błędów czynnego odtworzenia dla poszczególnych ruchów i pozycji kątowych (EARJP) barku rzucającego oraz istotności różnic pomiędzy zawodnikami, u których stwierdzono występowanie dolegliwości bólowych barku, częściowe uszkodzenia RC lub konfliktu wewnętrznego, a zawodnikami bez wspomnianych zaburzeń.

Tabela 7. Wartości EARJP dla barku rzucającego w grupie piłkarzy ręcznych w zależności od występowania dolegliwości bólowych lub zmian morfologicznych. SD = odchylenie standardowe; NS = brak istotności.

Pomiar			Dolegliwości bólowe		Uszkodzenie RC		Konflikt wewnętrzny	
			Tak	Nie	Tak	Nie	Tak	Nie
Odwiedzenie	60°	Średnia ±SD	5.3 ±3.8	5.7 ±3.4	5.6 ±3.4	5.6 ±3.5	5.0 ±2.5	5.7 ±3.7
		Wartość p*	NS		NS		NS	
	90°	Średnia ±SD	3.4 ±2.2	3.1 ±2.0	3.2 ±2.3	3.2 ±2.0	3.8 ±1.9	3.1 ±2.1
		Wartość p*	NS		NS		NS	
	120°	Średnia ±SD	3.0 ±1.6	3.8 ±2.9	2.3 ±1.7	3.7 ±2.7	3.2 ±2.8	3.6 ±2.6
		Wartość p*	NS		p<0,022		NS	
Zgięcie	60°	Średnia ±SD	4.9 ±2.7	5.0 ±3.1	6.6 ±3.5	4.7 ±2.8	4.7 ±2.5	5.0 ±3.0
		Wartość p*	NS		NS		NS	
	90°	Średnia ±SD	2.9 ±1.8	3.1 ±2.4	2.9 ±2.5	3.1 ±2.2	2.7 ±1.6	3.1 ±2.3
		Wartość p*	NS		NS		NS	
	120°	Średnia ±SD	3.2 ±1.5	2.9 ±1.6	2.7 ±1.7	3.0 ±1.6	3.8 ±1.3	2.9 ±1.6
		Wartość p*	NS		NS		p<0,027	
Rotacja wewnętrzna	30°	Średnia ±SD	2.9 ±1.4	2.6 ±1.3	3.0 ±1.4	2.6 ±1.3	2.4 ±1.0	2.7 ±1.4
		Wartość p*	NS		NS		NS	
	45°	Średnia ±SD	2.2 ±0.9	2.4 ±1.8	2.5 ±1.6	2.4 ±1.6	1.9 ±0.9	2.4 ±1.7

		Wartość p*	NS		NS		NS	
	60°	Średnia ±SD	2.0 ±0.9	2.5 ±1.5	2.5 ±1.8	2.3 ±1.3	2.1 ±1.0	2.3 ±1.4
		Wartość p*	NS		NS		NS	
Rotacja zewnętrzna	30°	Średnia ±SD	3.5 ±2.1	2.7 ±1.5	3.2 ±1.8	2.9 ±1.7	2.5 ±0.6	3.0 ±1.8
		Wartość p*	NS		NS		NS	
	45°	Średnia ±SD	2.7 ±1.8	2.6 ±2.1	2.8 ±2.2	2.5 ±2.0	2.4 ±1.9	2.6 ±2.1
		Wartość p*	NS		NS		NS	
	60°	Średnia ±SD	2.1 ±1.3	2.7 ±2.1	2.7 ±2.1	2.5 ±1.9	2.2 ±1.3	2.6 ±2.0
		Wartość p*	NS		NS		NS	

*istotność pomiędzy stronami w obrębie jednej grupy mierzona testem Welch Two Sample t-test

Testy post hoc wykonywane testem Welch'a wykazały istotne różnice dla barku rzucającego dla ruchu odwiedzenia w przypadku występowania uszkodzenia RC oraz dla ruchu zgięcia w przypadku występowania konfliktu wewnętrznego. Uzyskano istotnie lepszy poziom czucia głębokiego dla kąta 120° odwiedzenia w grupie piłkarzy, u których stwierdzono częściowe uszkodzenie RC w porównaniu do zawodników bez cech uszkodzenia RC (odpowiednio, $2,3^\circ \pm 1,7^\circ$ vs $3,7^\circ \pm 2,7^\circ$) (Tabela 7). Z kolei istotnie lepszy poziom czucia głębokiego uzyskano wśród zawodników bez cech konfliktu wewnętrznego dla kąta 120° zgięcia, w porównaniu do zawodników ze stwierdzonym konfliktem wewnętrznym (odpowiednio, $3,8^\circ \pm 1,3^\circ$ vs $2,9^\circ \pm 1,6^\circ$) (Tabela 7). Nie odnotowano żadnych istotnych różnic pomiędzy stronami w przypadku występowania dolegliwości bólowych barku (Tabela 7).

9. Dyskusja

9.1. Propriocepcja

Wyniki mojego badania potwierdzają hipotezę, że piłkarze ręczni wykazują wyższy poziom propriocepcji w barku rzucającym, w porównaniu do strony przeciwnej. Piłkarze ręczni wykazali także znacznie lepsze wyniki w barku rzucającym w najwyższych pozycjach kątowych, w porównaniu z barkiem dominującym grupy kontrolnej. Z kolei grupa kontrolna nie wykazała istotnych różnic między barkiem dominującym a niedominującym.

W ramach kilku prac badano propriocepcję barku wśród zawodników wykonujących rzut zza głowy, w oparciu o sportowców uprawiających baseball [23 109-115], siatkówkę [116] i tenis [8] z wykorzystaniem różnych systemów pomiarowych o różnej dokładności [109 113 114 117-120]. Niektórzy badacze twierdzą, że powtarzające się ruchy rzucania mogą poprawić propriocepcję ramienia, natomiast inni uważają, że obecność nadmiernej wiotkości torebki stawowej oraz znaczny zakres ruchu u sportowców rzucających może doprowadzić do obniżenia propriocepcji [16 109 121]. Jednakże interpretując dane dotyczące propriocepcji należy zachować ostrożność. Nieporozumienia mogą wynikać z zastosowania różnych metod badawczych lub wykorzystania różnych sprzętów pomiarowych [113 114 117-119 122-126].

9.1.1. *Piłkarze ręczni: bark rzucający vs bark nierzucający*

W mojej pracy potwierdziłem lepszy poziom propriocepcji w barku rzucającym dla wyższych pozycji kątowych we wszystkich badanych kierunkach ruchu. Jednakże doniesienia innych autorów w tej kwestii są sprzeczne. Niektórzy uzyskiwali lepsze czucie pozycji stawu w kończynie niedominującej [127], inni wykazywali brak różnic pomiędzy kończynami [122 128 129], albo przewagę kończyny dominującej nad przeciwną [109]. Jednym z wytłumaczeń wspierających naszą hipotezę jest fakt, że ruch rzutu znad głowy składa się z czynności plyometrycznych. Uznaje się, że tego rodzaju aktywność może prowadzić do adaptacji obwodowego i centralnego układu nerwowego, prowadząc do lepszego czucia pozycji i ruchu stawu [125]. Obwodowa adaptacja może wynikać z powtarzającej się stymulacji mechanoreceptorów stawowych przy końcowym zakresie ruchu w stawie ramiennym podczas wykonywania rzutu [125 130 131]. Poprzednie badania Lepharta i wsp. [17 34] sugerują, że mechanoreceptory stawowe są maksymalnie stymulowane, gdy ramię ustawione jest w pozycjach krańcowych, co zostało również potwierdzone w mojej pracy i wcześniejszych pracach zespołu kliniki [101 102]. W odróżnieniu od naszych badań Allegrucci i wsp. [127]

oraz Dover i wsp. [110] ustalili, że osoby rzucające zza głowy wykazują deficyt propriocepcji w porównaniu z grupą kontrolną. Może wynikać to z charakteru sportu oraz okresu wykonywania rzutów zza głowy. Gracze z dłuższym stażem w uprawianiu jednostronnych sportów rzutowych, mogą rozwinąć większą elastyczność w barku rzucającym, co prowadzi do zaburzenia propriocepcji.

9.1.2. Grupa kontrolna: bark dominujący vs bark niedominujący

Uzyskane w mojej pracy wyniki nie wykazały istotnych różnic w czuciu pozycji stawu między barkiem dominującym a niedominującym w grupie kontrolnej. Zostało to wcześniej potwierdzone także przez innych badaczy, w tym naszego zespołu. W pracach tych błędy bezwzględne odwzorowania pozycji stawu dla strony dominującej i niedominującej były podobne, kiedy kąty referencyjne i odwzorowane były wykonywane przez ten sam staw [101 122 128 129 132 133].

Wyniki innych badań wykazały lepszy poziom czucia głębokiego w niepreferowanym lewym ramieniu w porównaniu do preferowanego prawego ramienia [134-136]. Zostało to wyjaśnione teoriami, że w przypadku osób praworęcznych niepreferowany system ramię/półkula lepiej radzi sobie z wykorzystaniem informacji proprioceptywnej dotyczącej pozycji kończyny, niż preferowany system ramię/półkula. Różnice w odniesieniu do naszych badań mogą być wyjaśnione przez wykorzystanie niewymagających zadań w czasie testu. Zadane w mojej pracy zadania ruchowe nie wymagały znacznego przetwarzania informacji sensorycznej. Ważną kwestią może być również to, że osoby włączone do grupy kontrolnej zostały wybrane na podstawie kryteriów wykluczających uprawianie jakichkolwiek sportów angażujących kończyny górne.

9.1.3. Piłkarze ręczni vs grupa kontrolna

Piłkarze ręczni uzyskali znacznie lepsze wyniki dla barku rzucającego niż grupa kontrolna dla barku dominującego w najwyższych badanych zakresach ruchów. Może być to związane z ciągłym powtarzaniem ruchu rzutu, przy istotnym wpływie faz późnego wypadu/zamachu i przyspieszenia, kiedy wywierane jest duże obciążenie na otaczające tkanki, oraz aktywacją większej liczby receptorów przez naciąganie tkanek w krańcowych zakresach ruchu. Inni autorzy uzyskiwali jednak sprzeczne wyniki dotyczące wpływu sportów rzucających na propriocepcję barku [110 113 114 137 138]. Nodehi – Moghadamet i wsp. [114] porównali poziom czucia głębokiego w ruchu rotacji barku pomiędzy stroną dominującą u sportowców rzucających i osób nieuprawiających sportu. Stwierdzili,

że sportowcy posiadają lepszy poziom czucia w średnich zakresach rotacji zewnętrznej, w porównaniu z grupą kontrolną. W moim badaniu istotne różnice między barkiem rzucającym sportowca i barkiem dominującym grupy kontrolnej zaobserwowano w pozycji końcowego zakresu ruchu. Herrington i wsp. [113] oparli swoją teorię na 15 asymptotycznych profesjonalnych zawodnikach rugby i 15 asymptotycznych osobach niegrających w rugby. Udowodnili, że zawodnicy rugby posiadają lepsze czucie pozycji stawu w porównaniu do grupy kontrolnej. W odróżnieniu od tych badań Dover i wsp. [110] oparli swoje badanie na 50 kobietach grających w softball, oraz 50 nierzucających kobietach uprawiających sport. Ustalili, że kobiety wykonujące rzut znad głowy wykazywały istotnie wyższe błędy dla rotacji zewnętrznej w porównaniu z grupą kontrolną. Różnice te mogą wynikać z różnych powodów, np. wieku zawodniczek, wyszkolenia, urazów bezobjawowych klinicznie, czy też charakteru sportu. U większości rzucających sportowców zaobserwowano zwiększony zakres rotacji zewnętrznej [139] wynikający z powtarzanego ruchu rzutu i powodujący deformację torebki stawowej i zmiany w długości mięśni i torebki stawowej. Podejrzewa się, że może to wpływać na mechanoreceptory zlokalizowane w tych tkankach, powodując ich częściowe odnerwienie i w konsekwencji osłabienie propriocepcji [140]. Sposób gry w piłkę ręczną charakteryzujący się powtarzaniem określonych zadań może doprowadzić do rozwoju bardziej skoordynowanych skurczów mięśni i większej ogólnej świadomości proprioceptywnej. Stąd pochodzić może przewaga nad grupą kontrolną [113]. Te ustalenia można potwierdzić przez hipotezę, że trening i powtarzane ruchy rzutu wpływają na adaptację obwodowego i centralnego układu nerwowego prowadzące do lepszego poziomu propriocepcji [130].

9.1.4. Wpływ kąta ustawienia ramienia

Uzyskane wyniki wskazują, że istotnie lepsze wartości odtworzenia stwierdzono w przypadku wyższych pozycji kątowych wśród piłkarzy ręcznych i grupy kontrolnej zarówno w barku dominującym jak i niedominującym, dla ruchu zgięcia i odwiedzenia. Przedstawiony wniosek potwierdzają również doniesienia innych badaczy [92 113 124 141 142], a także wcześniejsze prace naszego zespołu [101 102 107]. Powyższa zależność może być spowodowana napięciem rozwijającym się w mięśniach, torebce stawowej, ścięgnach i skórze w momencie, gdy staw dochodzi do końcowego zakresu ruchu. Może to prowadzić do aktywowania większej liczby wrzecionek mięśniowych i mechanoreceptorów w strukturach otaczających staw, jeszcze bardziej poprawiając poziom czucia pozycji stawu [113 125 130]. Może to bezpośrednio tłumaczyć brak istotnych różnic pomiędzy wartościami EARJP dla kąta 90° i 120° w ruchu zgięcia i odwiedzenia w obu badanych grupach.

9.2. Zakresy ruchów rotacyjnych, dolegliwości bólowe i zmiany morfologiczne barku

Piłka ręczna jest jednym z najpopularniejszych sportów w Europie, a rzucanie piłką stanowi jej nieodłączny element. Zasadniczo fazy rzutu w baseball i piłce ręcznej są do siebie podobne [12 68], chociaż mają też swoją specyfikę i nieco większą różnorodność (Ryc. 25). W odróżnieniu od baseballu, rzuty oddawane w czasie gry w piłkę ręczną napotykają na pewne przeszkody (blokowanie rzutu przez innych graczy). Kolejną charakterystyczną cechą piłki ręcznej jest wysoki wskaźnik urazów i częste zgłoszenia przez piłkarzy ręcznych problemów dotyczących barku [93 94 143].



Rycina 25. Różnice w fazie „późnego wypadu” w zależności od sposobu wykonania rzutu na przykładzie piłkarza ręcznego (A – rzut z biodra; B – rzut z wyskoku; C – rzut z obrotu; D – rzut z miejsca; E – rzut z miejsca z podbiegiem) – widok z boku (materiał własny).

Nasze badanie miało na celu ocenę poziomu czucia głębokiego stawu ramiennego u zawodników piłki ręcznej. Wyniki porównano z grupą kontrolną, na którą składały się osoby nie uprawiające sportów rzutowych, a następnie skonfrontowano je z ubytkami zakresów ruchów rotacyjnych stawu ramiennego, dolegliwościami stawu ramiennego objawiającymi się deklarowanym bólem barku oraz zmianami morfologicznymi wykrytymi podczas badania USG.

9.2.1. Wpływ zaburzeń ruchów rotacyjnych w stawie ramiennym na propriocepcję barku

Piłkarze ręczni wykazywali znacząco wyższe zakresy rotacji wewnętrznej, zewnętrznej oraz całkowitego zakresu ruchu w porównaniu z grupą kontrolną. Zauważalny był typowy wzorzec zmniejszenia IR (o $5,5^{\circ}$) i zwiększenia ER (o $3,5^{\circ}$), kompensujący całkowity zakres rotacji. Powyższe zjawisko adaptacyjne (niezauważone w grupie kontrolnej) zostało zaobserwowane już wcześniej [144-146] i wytłumaczone adaptacją tkanek miękkich (stawowej i mięśniowej [3 147 148]) i tkanki kostnej (zwiększona retrowersja [149 150]). Zakresy rotacji obejmują, wśród różnych sportów rzutowych, rotację wewnętrzną rzędu 20° – 77° , zewnętrzną 92° – 142° i całkowity zakres ruchu 140° – 216° , gdzie wyższe wartości

odnotowano głównie u miotaczy w baseballu [144 148 151 152]. Niższe zakresy ER i TAM u piłkarzy ręcznych, zgodnie z sugestią Clarsen'a i wsp. [3], mogą być związane ze specyficznością i różnorodnością technik rzutu wśród piłkarzy ręcznych, w porównaniu z innymi sportami. Także inne czynniki mogą mieć wpływ na różne zakresy rotacji wśród badanych, jak: techniki dokonywania pomiarów, czas sezonu, wiek, uraz, ból, a nawet klimat [106 153 154].

Przypadki GIRD wśród sportowców rzucających nie są powszechnie zgłaszane. Brak jest również zgody, co do tego, jakie wartości GIRD są istotne klinicznie. Jak zostało wykazane w naszym badaniu, im większy deficyt, tym mniejsza częstość występowania GIRD wśród przebadanych przez nas sportowców, w granicach od 61% (dowolny GIRD) do 2% ($GIRD > 25^\circ$). Inne badania wskazują na występowanie GIRD w 5% – 40% przypadków [3 146 150]. Badanie Dwelly'ego pokazało przypadki zmiany wartości GIRD w trakcie sezonu (przed okresem jesiennym 21%, przed okresem wiosennym 3% i po okresie wiosennym 14%) [151].

Wielkość deficytu o istotnym znaczeniu klinicznym jest kwestią dyskusyjną. Burkhart i wsp. [90] sugerował, że $GIRD > 25^\circ$ powinien być skojarzony z uszkodzeniami SLAP. Myers i wsp. [149] ustalił, że sportowcy rzucający z objawami konfliktu wewnętrzznego mają średni GIRD równy 19° . Kilka badań sugeruje zasadność wdrożenia programów zmniejszających ryzyko wystąpienia urazu. Laudner i wsp. [155] ustalił, że ćwiczenia rozciągające mają silny wpływ na rotację wewnętrzną zawodników grających w baseball. Ciągłe uczestnictwo w ćwiczeniach rozciągających może poprawić zarówno IR, jak i TAM u miotaczy [156].

W dostępnej literaturze brak jest jakichkolwiek doniesień na temat bezpośredniego wpływu GIRD lub TAMD na poziom propriocepcji w barku rzucającym. Wyniki naszych badań wykazują, że występowanie różnych zakresów ubytku rotacji wewnętrznej oraz dużych ubytków całkowitego zakresu ruchu koreluje z istotnie wyższym poziomem czucia głębokiego przy wyższych pozycjach kątowych rotacji wewnętrznej. Może to być następstwem długotrwałego treningu, w wyniku którego aparaty Golgiego zlokalizowane w ścięgnach mogą zmniejszać swoją czułość, a wrażliwość wrzecionek mięśniowych może ulec zwiększeniu. Dodatkowo, w wyniku powtarzalnej stymulacji mechanoreceptorów stawowych blisko końcowego zakresu ruchu podczas rzutu, może dojść do adaptacji peryferyjnej układu nerwowego. Zatem, poprzez zmianę czułości wrzecionek mięśniowych i mechanoreceptorów stawowych, może dojść do poprawy poziomu propriocepcji [114 125

130]. Co więcej, Massimini i wsp. [157] wykazali, że rozciągnięcie więzadeł obrąbkowo – ramiennych (MGHL, przednie i tylne pasmo IGHL) jest mniejsze w pozycji 45° odwiedzenia w stawie ramiennym, niż w przypadku 90° odwiedzenia w połączeniu z rotacją zewnętrzną lub wewnętrzną, gdzie dochodzi do większego napięcia biernych stabilizatorów stawu. Jednakże występowanie klinicznie istotnego ubytku całkowitego zakresu ruchu (TAMD>10°), w przypadku naszych badań, korelowało z istotnie niższym poziomem czucia głębokiego w barku rzucającym przy wyższych pozycjach kątowych rotacji zewnętrznej, a istotnie wyższym przy niskich pozycjach kątowych rotacji wewnętrznej. Poddaje to pod wątpliwość wpływ adaptacji peryferyjnej układu nerwowego oraz zmianę czułości wrzecionek mięśniowych i mechanoreceptorów stawowych, w wyniku rozciągnięcia tkanek, na poprawę poziomu czucia głębokiego w końcowych zakresach ruchu w stawie.

9.2.2. Wpływ występowania dolegliwości bólowych na propriocepcję barku

Ból w barku rzucającym może być spowodowany różnymi przyczynami, w tym patologicznym konfliktem wewnętrznym, uszkodzeniem pierścienia rotatorów (RCT), zmęczeniem, uszkodzeniami obrąbka, dyskinezą łopatki, brakiem stabilności, itp. [92 158 159]. Dolegliwości bólowe w barku rzucającym wg przyjętych kryteriów występowały u 41% piłkarzy ręcznych (n=36). Piłkarze ręczni zgłaszali problemy w obrębie barku oraz dolegliwości bólowe w stosunkowo dużej liczbie (32 do 52%), zmuszając ich do rezygnacji z uczestnictwa w meczach w 36% przypadków lub modyfikacji treningu w 68-75% przypadków [3 93 144]. Wobec powyższego sugerowano, że dolegliwości bólowe barku powinny skutkować podjęciem specjalnych działań, w tym monitorowania urazów i stanów przeciążeniowych kończyny w trakcie treningów, meczów i turniejów oraz wdrożeniem strategii prewencyjnych [160].

W przypadku naszych badań nie stwierdziliśmy istotnej zmiany w poziomie propriocepcji w barku rzucającym w przypadku występowania dolegliwości bólowych, w porównaniu do zawodników bez dolegliwości bólowych barku. Doniesienia odnoszące się do bezpośredniego wpływu występowania dolegliwości bólowych na poziom propriocepcji barku są nieliczne. Safran'a i wsp. [109] oraz Anderson'a i wsp. [161], w odróżnieniu od naszych wyników, w swoich badaniach wykazali istotnie zmniejszenie poziomu propriocepcji w bolesnym barku, w porównaniu do strony niebolesnej, co tłumaczy się występowaniem stanu zapalnego w przebiegu uszkodzenia RC oraz pobudzeniem nocyceptorów. Niestety przeprowadzone badania nie dały odpowiedzi na pytanie, czy to obniżony poziom propriocepcji jest powodem wystąpienia dolegliwości bólowych barku, czy odwrotnie. [109

162]. Dolegliwości bólowe u naszych zawodników nie były duże i nie powodowały zaprzestania gry. Być może dopiero wyższe poziomy dolegliwości wpływają na zdolność czucia stawu.

9.2.3. Wpływ występowania zmian morfologicznych na propriocepcję barku

Badania USG wykazały częściowe uszkodzenie niepełnej grubości od strony stawowej ścięgna mięśnia nadgrzebieniowego u 14% piłkarzy ręcznych i konflikt wewnętrzny tylny – górnej części RC u 15%. Co ciekawe, nie znaleziono powiązań między bólem a występowaniem uszkodzeń pierścienia rotatorów, czy konfliktu wewnętrznego. Badanie przeprowadzone przez Jost'a i wsp. [160], oparte na wynikach rezonansu magnetycznego (MRI), wykazało 27% częściowych uszkodzeń pierścienia rotatorów oraz konflikt wewnętrzny tylny – górnej części RC u 37% piłkarzy ręcznych. Liczby te są dużo wyższe niż w naszym badaniu. Różnica może być wynikiem badania innej populacji (średni wiek 27 lat, w porównaniu do naszej grupy – średni wiek 25 lat), ale również wyborem innej metody obrazowania. Podobnie jak w naszym badaniu, nie odkryli nieprawidłowości, które mogłyby zapowiadać wystąpienie dolegliwości bólowych barku, ponieważ 45% przypadków konfliktu wewnętrznego było bezobjawowych. Halbrecht i wsp. [147] wykazał tylny – górne uszkodzenia obrąbka u 30% i częściowe uszkodzenia u 40% rzucających zawodników baseball. Podobnie jak w naszym badaniu, zmiany te nie zostały odnotowane w przeciwnym ramieniu.

Poprzedni autorzy wykazali różnice w poziomie propriocepcji barku pomiędzy osobami bezobjawowymi, a osobami u których stwierdzono patologie w obrębie barku [17 121 163]. Badanie przeprowadzone przez Anderson'a i wsp. [161] wykazało istotne zaburzenie poziomu propriocepcji wśród osób z uszkodzeniem pierścienia rotatorów dla 40° i 100° odwiedzenia w płaszczyźnie łopatki. Podobne wyniki uzyskano w badaniach Hagio i wsp. [164] dla ruchu uniesienia ramienia, rotacji wewnętrznej i zewnętrznej. Obniżony poziom propriocepcji w wyższych pozycjach kątowych wśród osób z uszkodzeniem pierścienia rotatorów ma istotne znaczenie kliniczne. Teoretycznie, deficyt propriocepcji może prowadzić do nieskoordynowanego pobudzania mięśni i zaburzenia wzorców ruchowych, co może prowadzić do zaostrzenia przeciążenia pierścienia rotatorów. Warner i wsp. [97] wykazali, że osoby z niestabilnością i zespołem cieśni mają zaburzony rytm łopatkowo – ramienny, co może być wynikiem nieskoordynowanego pobudzenia mięśni na skutek deficytu propriocepcji. Ta zależność może potwierdzać paradygmat wyjaśniający zależność pomiędzy propriocepcją a niestabilnością stawu ramiennego, który zakłada

osłabienie torebki stawowej oraz więzadeł na przestrzeni czasu, w związku z powtarzającymi się czynnościami wykonywanymi ponad głową [17 109]. Jednakże wyniki naszych badań nie potwierdzają tych hipotez. Może to wynikać ze specyfiki dyscypliny oraz różnorodności wykonywanych rzutów przez zawodników piłki ręcznej.

Opisywany przez wielu badaczy związek pomiędzy niestabilnością stawu ramiennego a zespołem cieśni jest przedstawiany jako zależność liniowa, w przypadku której głowa kości ramiennej ulega stopniowemu przemieszczeniu względem panewki. W wyniku względnego odnerwienia mechanoreceptorów, stopień wiotkości torebki stawowej jest silnie związany ze zmniejszonym poziomem propriocepcji [17 133]. Badanie przeprowadzone przez Warner'a i wsp. [165] podkreśla istotnie zwiększone przemieszczenie stawu, wśród osób z niestabilnością stawu ramiennego. Większe przemieszczenia w stawie wymagają zwiększonej pracy ze strony mięśni, w celu utrzymania stabilności stawu, a to może doprowadzić do pierwotnej patologii struktur mięśniowo – ścięgnistych [161]. W odróżnieniu od wcześniejszych doniesień, nasze badania wykazały znacznie lepszy poziom propriocepcji wśród zawodników ze stwierdzonym uszkodzeniem pierścienia rotatorów, jednakże tylko dla kąta 120° odwiedzenia w płaszczyźnie łopatki. Może to wynikać z odruchowego, zwiększonego napięcia mięśniowego na skutek obawy przed wystąpieniem dolegliwości bólowych podczas próby odtworzenia pozycji stawu, do których może dochodzić w wyniku uciśnięcia ścięgien pierścienia rotatorów między guzkiem większym głowy kości ramiennej a wyrostkiem barkowym łopatki.

Uzyskane wyniki, dotyczące wpływu konfliktu wewnętrznego na poziom propriocepcji barku, wykazały istotne zaburzenie czucia pozycji stawu barku rzucającego wśród zawodników z istotnym klinicznie konfliktem wewnętrznym jedynie dla kąta 120° zgięcia. Niestety w literaturze brak jest jakichkolwiek doniesień na temat zależności pomiędzy konfliktem wewnętrznym, a poziomem propriocepcji barku. Nie można jednoznacznie wytłumaczyć występowania zaburzenia poziomu propriocepcji jedynie dla najwyższej pozycji kątowej ruchu zgięcia wśród zawodników z istotnym klinicznie konfliktem wewnętrznym.

Przy obecnym stanie wiedzy powyższe obserwacje możemy traktować jako pewne neurofizjologiczne zjawisko. Trudno określić czy obecność GIRD współistniejąca z wyższym poziomem czucia są bezpośrednio od siebie zależne. GIRD znacznego stopnia powiązany jest z uszkodzeniami barku. Poprawa czucia jest być może zjawiskiem ochronnym zwiększającym kontrolę nerwowo- mięśniową w sytuacji zagrożenia lub istniejącego już uszkodzenia stawu.

9.3. Rozważania ogólne

Dyscypliny sportowe opierające się na rzutach narażają bark na bardzo duże przeciążenia. Wiąże się to z techniką oraz prędkością rzutu. Duża energia rozpraszana w krótkim czasie poddaje struktury rozciąganiu, kompresji i powtarzalnym naprężeniom. Stanowi to ogromne wyzwanie dla ruchu oraz stabilności barku, a także dla siły, wytrzymałości i kontroli motorycznej mięśni, w szczególności tych powiązanych z łopatką i stawem ramiennym. Długotrwałe i intensywne uprawianie sportów rzutowych może wiązać się z różnorodnymi patologiami w obrębie stawu ramiennego. Mechanizm ich powstawania jest skomplikowany. Część patologii może mieć charakter adaptacyjny (konflikt wewnętrzny, GIRD), a część przechodzi w uszkodzenia organiczne (SLAP, RCT). Z tego względu urazy związane ze sportami, w których wykonywane są różne formy rzutu, są bardzo często spotykane w wielu klinikach [46].

Powtarzany rzut prowadzi z czasem do adaptacji zarówno tkankowych jak i kostnych. Mogą one obejmować wyrośla kostne, wiotkość torebki stawowej, zwiększoną retrowersję kości ramiennej, zaburzenie balansu mięśniowego, czy zaburzenia w obrębie ścięgien mięśni pierścienia rotatorów. Należy zaznaczyć, że wiele z tych zmian jest wynikiem odpowiedzi biologicznej na fizyczny bodziec, co pozwala sportowcom rzucającym na osiąganie większych zakresów ruchu i grać na wysokim poziomie.

Jednakże w miarę kontynuowania kariery powtarzające się mikrourazy mogą powodować uszkodzenia strukturalne tkanek (SLAP, PASTA). Część sportów rzutowych wiąże się z elementami bezpośredniego kontaktu (np. piłka ręczna). Dochodzą więc urazy spowodowane upadkami, dźwigniami, lub skręceniami, które mogą powodować zwichnięcia, złamania, uszkodzenia ścięgien.

Propriocepcja stawowa jest definiowana jako wyspecjalizowana funkcja czuciowa, na którą składają się czucie ruchu (kinestezja) oraz czucie pozycji stawu [17 34 166 167]. Ten rodzaj kontroli nerwowo – mięśniowej może ulec dysfunkcji w przypadku zaburzenia odruchu nerwowego. Jakikolwiek uszkodzenie struktur stawowych zaopatrzonych w mechanoreceptory może wpłynąć na prawidłowe przekazywanie informacji do centralnego układu nerwowego. Z drugiej strony, nieprawidłowa funkcja układu nerwowego, na skutek uszkodzenia jego górnych poziomów, może zaburzyć kontrolę nerwowo – mięśniową i w konsekwencji doprowadzić do zwiększonego ryzyka wystąpienia urazu.

Czucie pozycji stawu jest najpowszechniejszym sposobem oceny propriocepcji. Może ono być analizowane zarówno w trakcie ruchu biernego jak i czynnego. Głównym założeniem jest pomiar błędu odtworzenia zadanej pozycji stawu [142 166 168 169]. W przypadku omawianych wyników badań, do oceny propriocepcji wykorzystano ruch czynny, co pozwala na ocenę zarówno aferentnych (czuciowych), jak i eferentnych (odruch nerwowy, aktywność mięśniowa) dróg przewodzenia nerwowego [170].

Należy pamiętać, że pozycje kątowe są tak samo istotne, jak kierunki ruchu. Dla każdego z ruchów badano zawsze trzy pozycje: niską (60° zgięcia i odwiedzenia; 30° rotacji wewnętrznej i zewnętrznej), średnią w połowie zakresu ruchu (90° zgięcia i odwiedzenia; 45° rotacji wewnętrznej i zewnętrznej) oraz wysoką (120° zgięcia i odwiedzenia; 60° rotacji wewnętrznej i zewnętrznej). Nie zastosowano maksymalnych odchyłeń w stawie, aby uniknąć dyskomfortu lub sytuacji, w której pacjent nie będzie w stanie wykonać takiego ruchu.

Pozycja stawu może wywierać stymulujący efekt na mechanoreceptory. W teorii, wyższa pozycja uniesienia lub rotacji powoduje zwiększone napięcie więzadeł i torebki stawowej, a także prowadzi do przyparcia ścięgna mięśnia nadgrzebieniowego do wyrostka barkowego łopatki [171]. Sposób demonstrowania kąta pozycji referencyjnej [172], także może mieć istotne znaczenie. W moim badaniu, kąt był demonstrowany poprzez ruch czynny wspomagany, co umożliwia wykonanie testu w najbardziej powtarzalny sposób [168].

Pomiary uzyskane podczas badania zostały zaprezentowane jako wartości bezwzględne, ignorując niedoszacowanie lub przeszacowanie pozycji stawu (pozytywne i negatywne wartości pomiaru). Było to konieczne dla celów obliczeń statystycznych oraz porównywalności metody do prac innych autorów.

Przy interpretacji danych dotyczących propriocepcji należy jednak zachować odpowiednią ostrożność. Pewne niejasności mogą wynikać z zastosowania różnicy metod badawczych. Dotychczasowe badania wykorzystywały w swoich protokołach zarówno ruchy czynne, jak i bierne [113 114 117 119 122-126 138]. Niektórzy badacze wykorzystywali stelaże do podtrzymywania ramienia, inni polegali na czynnej stabilności tułowia i kończyny [119 132 134 137 173-175]. Większość badań nie podawała informacji o dokładności goniometru. Wyjątkiem są badania przeprowadzone przez Trip'a i wsp. [176]. Natomiast w przypadku naszych badań mierzyliśmy czucie pozycji stawu z wykorzystaniem goniometru elektronicznego o dokładności do $0,1^\circ$. Wysoka dokładność pomiaru, lekkość i niewielkie wymiary urządzenia, a także stabilność mocowania urządzenia mogą również wpływać na

wyniki. Metodologia naszego badania została poddana walidacji, a jej wiarygodność potwierdzona [108].

9.4. Znaczenie kliniczne

Badanie wykazuje, że sporty rzutowe oraz treningi poprawiają propriocepcję barku. Może to mieć istotne znaczenie zarówno dla jakości wykonania rzutu, jak i ochrony stawu. Niski poziom propriocepcji może wskazywać na niewłaściwy poziom funkcjonowania zawodnika lub na „ukrytą” patologię w obrębie stawu ramiennego. Interesujące wydaje się być poznanie, czy propriocepcja powiązana jest z istniejącymi kontuzjami, urazami barku, wiekiem zawodnika lub profilem siłowo – wytrzymałościowym zawodnika.

Dobry poziom propriocepcji jest niezwykle istotny dla prawidłowego funkcjonowania stawu ramiennego. W naszej jednostce włączyliśmy ocenę czucia pozycji stawu do kompleksowej oceny klinicznej i biomechanicznej wszystkich sportowców poddawanych badaniom i leczeniu.

Monitorowanie poziomu propriocepcji oraz innych parametrów biomechanicznych barku, w połączeniu z monitorowaniem występowania urazów może pozwolić na ustalenie optymalnych wartości propriocepcji i pomóc przewidzieć, u których osób istnieje wyższe ryzyko wystąpienia urazu. Pozwoli to na wczesne wdrożenie procedur prewencyjnych. W przypadku pacjentów po urazach barku i po zabiegach operacyjnych ocena propriocepcji może być dodatkowo wykorzystana w celu monitorowania postępów rehabilitacji i pomóc w zakwalifikowaniu zawodnika do powrotu do uprawiania sportu.

9.5. Ograniczenia

Praca posiada pewne ograniczenia. Obie przebadane przez nas grupy nie zostały dopasowane pod względem parametrów ciała. Tego rodzaju dopasowanie nie jest możliwe. Ze względu na wymagania sportu odnośnie wzrostu i budowy ciała, sportowcy byli wyżsi i posiadali większą masę ciała.

10. Wnioski

1. U piłkarzy ręcznych występuje lepsza zdolność dopasowania położenia stawu ramiennego w barku rzucającym w największych zakresach ruchu, w porównaniu do ramienia przeciwnostronnego oraz ramienia dominującego w populacji niesportowców.
2. Piłkarze ręczni z klinicznie istotnym ubytkiem rotacji wewnętrznej ($GIRD > 25$) oraz z większymi ubytkami całkowitego ruchu rotacji mają lepszy poziom czucia głębokiego w barku rzucającym przy wyższych pozycjach kątowych rotacji wewnętrznej.
3. W odniesieniu do oceny klinicznej oraz zmian morfologicznych
 - a. piłkarze ręczni z cechami uszkodzenia RC wykazali lepszy poziom czucia głębokiego w barku rzucającym przy wyższych pozycjach kątowych odwiedzenia,
 - b. zawodnicy z cechami konfliktu wewnętrznego mają lepszy poziom czucia głębokiego w barku rzucającym przy wyższych pozycjach kątowych zgięcia,
 - c. obecność umiarkowanych dolegliwości bólowych barku nie wpływa na poziom czucia pozycji stawu w barku rzucającym.

Streszczenie

Cel

Celem badania była ocena poziomu czucia pozycji stawu (JPS) ramiennego w związku z uprawianiem sportu (piłkarze ręczni w porównaniu do niesportowców), oraz w związku z preferencją kończyny (rzucająca lub dominująca w porównaniu do nierzucającej lub niedominującej). Drugorzędnym celem była korelacja JPS z deficytem rotacji stawu ramiennego, oraz zmianami morfologicznymi w ramieniu rzucającym rozpoznanymi przy badaniu USG u piłkarzy ręcznych.

Material i metodyka

W badaniu udział wzięło 90 zawodowych piłkarzy ręcznych i 32 zdrowych ochotników niesportowców. Propriocepcja została zmierzona przy pomocy elektronicznego goniometru w trzech różnych pozycjach odniesienia dla każdego rodzaju ruchu (odwodzenie i zginanie dla kątów 60°, 90° i 120°; rotacja wewnętrzna i zewnętrzna dla kątów 30°, 45° i 60°), i wyrażona, jako błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu (EARJP). Wyniki porównano dla barku rzucającego / dominującego oraz nierzucającego / niedominującego w ramach jednej grupy oraz między grupami. Protokół badania obejmował również pomiar zakresu rotacji wewnętrznej i rotacji zewnętrznej, rozpoznanie bólu barku rzucającego oraz wykonanie USG barku pod kątem diagnozy możliwych uszkodzeń pierścienia rotatora oraz tylnego konfliktu wewnętrznego.

Wyniki

Różnice pomiędzy stronami wykazały znacząco mniejsze wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu EARJP dla ramienia rzucającego przy odwodzeniu przy kącie 90° i 120°, przy zginaniu przy kącie 90° i 120°, dla rotacji wewnętrznej przy kącie 30° oraz rotacji zewnętrznej przy kącie 30° i 60°, w porównaniu do ramienia nierzucającego. Piłkarze ręczni wykazali znacząco lepsze wyniki dla ramienia rzucającego przy odwodzeniu przy kącie 120°, przy zginaniu przy kącie 90°, rotacji wewnętrznej przy kącie 60°, oraz rotacji zewnętrznej przy kącie 60°, w porównaniu z ramieniem dominującym grupy kontrolnej. Piłkarze ręczni wykazali znacząco wyższe zakresy IR i ER oraz TAM, w porównaniu do grupy kontrolnej. Bark rzucający w grupie piłkarzy ręcznych wykazał istotne statystycznie zmniejszenie IR i zwiększenie ER w porównaniu ze stroną przeciwną. W grupie kontrolnej nie odnotowano takich różnic. Nie wykazano istotnych różnic między deficytami rotacji (GIRD, TAMD) przy porównaniu grupy badawczej z grupą kontrolną, a także istotnych różnic w częstości występowania GIRD i TAMD pomiędzy badanymi grupami. W grupie

badawczej, w przypadku występowania ubytku rotacji wewnętrznej (GIRD) oraz ubytku całkowitego zakresu ruchu (TAMD), uzyskano istotne różnice dla barku rzucającego dla ruchu zgięcia, rotacji wewnętrznej i zewnętrznej. Dolegliwości bólowe w barku rzucającym wg przyjętych kryteriów występowały u 41% piłkarzy ręcznych (n=36). Badanie USG wykazało częściowe uszkodzenie RC od strony stawowej u 14% (n=12) piłkarzy ręcznych oraz konflikt wewnętrzny tylny – górnej części pierścienia rotatorów u 15% (n=13). Uzyskano istotne różnice dla barku rzucającego dla ruchu odwiedzenia w przypadku występowania uszkodzenia RC oraz dla ruchu zgięcia w przypadku występowania konfliktu wewnętrznego. Nie odnotowano żadnych istotnych różnic pomiędzy stronami w przypadku występowania dolegliwości bólowych barku.

Wnioski

U piłkarzy ręcznych występuje lepsza zdolność dopasowania położenia stawu ramiennego w barku rzucającym w największych zakresach ruchu, w porównaniu do ramienia przeciwstronnego oraz ramienia dominującego w populacji niesportowców. Piłkarze ręczni z klinicznie istotnym ubytkiem rotacji wewnętrznej ($GIRD > 25$) oraz z większymi ubytkami całkowitego ruchu rotacji mają lepszy poziom czucia głębokiego w barku rzucającym przy wyższych pozycjach kątowych rotacji wewnętrznej. W odniesieniu do oceny klinicznej oraz zmian morfologicznych: piłkarze ręczni z cechami uszkodzenia RC wykazali lepszy poziom czucia głębokiego w barku rzucającym przy wyższych pozycjach kątowych odwiedzenia; zawodnicy z cechami konfliktu wewnętrznego mają lepszy poziom czucia głębokiego w barku rzucającym przy wyższych pozycjach kątowych zgięcia; obecność umiarkowanych dolegliwości bólowych barku nie wpływa na poziom czucia pozycji stawu w barku rzucającym.

Słowa kluczowe

sportowiec rzucający, piłka ręczna, propriocepcja barku, czucie pozycji stawu, ubytek rotacji wewnętrznej stawu ramiennego (GIRD), badanie ultrasonograficzne

Abstract

Aim

The purpose of the study was to examine any differences in level of shoulder joint position sense (JPS) in relation to sport participation (handball players vs. non-athletes) and limb preference (throwing or dominant vs. non-throwing or non-dominant). Secondary aim was to correlate the JPS to shoulder rotation deficits, shoulder pain and morphological changes in throwing shoulder detected by the ultrasound scan among handball players.

Material and method

90 professional male handball players and 32 healthy non-athlete male volunteers participated in the study. Proprioception was measured using the electronic goniometer in three different reference positions for each movement (abduction and flexion at 60°, 90°, 120°; internal and external rotation at 30°, 45°, 60°) and expressed as error of active reproduction of the joint position (EARJP). Results were compared between the throwing/dominant and non-throwing/non-dominant shoulders within the group and between the tested groups. Study protocol included also: measurement of range of internal and external rotation, identification of the throwing shoulder pain and shoulder ultrasound scan for the diagnosis of possible cuff tears and posterior internal impingement.

Results

Side-to-side differences revealed significantly lower values in EARJP for throwing shoulders in abduction at 90° and 120°, flexion at 90° and 120°, internal rotation at 30° and in external rotation at 30° and 60° compared to non-throwing shoulders. The handball players showed significantly better results in the throwing shoulder in abduction at 120°, flexion at 90°, internal rotation at 60° and in external rotation at 60° compared to the dominant shoulder of the control group. Handball players showed significantly higher IR, ER, and TAM ranges vs. the control group. The throwing shoulder in the handball player group showed a statistically significant decrease in IR and increase in ER, when compared to the contralateral side. No such difference could be noted for the control group. No significant differences were identified between rotation deficits (GIRD, TAMD) of the study group vs. the control group. Also, no significant differences were identified in the frequency of GIRD and TAMD between the two groups. In the study group, where internal rotation deficit (GIRD) and total arch of motion deficit (TAMD) existed, significant differences were observed for the throwing shoulder for the flexion, as well as internal and external rotation movements. The incidence of pain in the throwing shoulder, according to adopted criteria,

were 41% in the handball player group (n=36). An ultrasound scan revealed partial RC damage from the articular side among 14% (n=12) of handball players, and an internal impingement of the postero-superior rotator cuff part among 15% (n=13) of handball players. Significant differences were observed for the throwing shoulder for the abduction in the case of an RC damage and for the flexion in the case of an internal impingement. No significant differences between the throwing and non-throwing sides were found in the case of shoulder pain.

Conclusions

The handball players present superior shoulder joint matching ability in the throwing shoulder at highest ranges of motion when compared to the contralateral one and the dominant shoulder of the non-athlete population. Handball players with a clinically significant internal rotation deficit ($GIRD > 25^\circ$) and greater total arch of motion deficits display a higher level of proprioceptive sensation in throwing shoulder at higher internal rotation angle positions. With regard to the clinical evaluation and morphological changes: handball players who display features of RC damage show a higher level of proprioceptive sensation in the throwing shoulder at higher abduction angles; handball players which display features of internal impingement show a higher level of deep feeling in the throwing shoulder at higher flexion angles; presence of moderate pain in the shoulder does not affect the level of joint position sense in throwing shoulder.

Keywords

overhead athlete, handball, shoulder proprioception, joint position sense, Glenohumeral Internal Rotation Deficit (GIRD), ultrasound scan

Wykaz skrótów

- ERJP – Error of Reproduction of Joint Position (błąd odtworzenia pozycji stawu)
- EMG – Elektromiografia (czynność bioelektryczna mięśni)
- ABER – ABduction & External Rotation (odwiedzenie i rotacja zewnętrzna)
- GIRD – Glenohumeral Internal Rotation Deficit (ubytek rotacji w stawie ramiennym; GIRD = IR niedominujący – IR dominujący)
- SLAP – Superior Labrum from Anterior to Posterior tears (uszkodzenie górnego obrąbka od przodu do tyłu)
- PASTA – Partial Articular Supraspinatus Tendon Avulsion (częściowe, przystawowe, awulsyjne zerwanie ścięgna mięśnia nadgrzebieniowego)
- IGHL – Inferior Glenohumeral Ligament (dolne więzadło obrąbkowo – ramienne)
- PIGHL – Posterior band of Inferior Glenohumeral Ligament (tylne pasmo kompleksu dolnego więzadła obrąbkowo – ramiennego)
- LHBT – Long Head of the Biceps Tendon (ścięgno głowy długiej mięśnia dwugłowego)
- USG – Ultrasonografia (badanie obrazowe)
- SEM – standardowy błąd pomiaru
- VAS – Visual Analogue Scale (skala analogowa)
- IR – Internal Rotation (rotacja wewnętrzna)
- ER – External Rotation (rotacja zewnętrzna)
- TAM – Total Arc of Motion (całkowity zakres ruchu; TAM = ER + IR)
- TAMD – Total Arch of Motion Deficit (ubytek całkowitego zakresu ruchu; TAMD = TAM niedominujący – TAM dominujący)
- ARJP – Active Reproduction of Joint Position (czynne odtworzenie pozycji stawu)
- EARJP – Error of Active Reproduction of Joint Position (błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu)
- CG – Control Group (grupa kontrolna)
- HB – Handball (grupa piłkarzy ręcznych)
- CI – przedział ufności
- NS – No Significance (brak istotności)
- SD – Standard Deviation (odchylenie standardowe)
- RC – Rotator Cuff (pierścień rotatorów)
- JPS – Joint Position Sense (czucie pozycji stawu)
- MGHL -
- RCT – Rotator Cuff Tear (uszkodzenie pierścienia rotatorów)

Spis rycin

Rycina 1. Poszczególne fazy rzutu na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).	11
Rycina 2. Fazy rzutu z miejsca na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).	14
Rycina 3. Fazy rzutu z miejsca z podbiegiem na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).	14
Rycina 4. Fazy rzutu z wyskoku na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).	14
Rycina 5. Fazy rzutu z obrotu na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).	15
Rycina 6. Fazy rzutu z biodra na przykładzie piłki ręcznej – widok z boku (materiał własny).	15
Rycina 7. Fazy rzutu z wyskoku w piłce ręcznej – widok z boku (materiał własny).	15
Rycina 8. Utrata rotacji wewnętrznej barku w odwiedzeniu (GIRD). Strona objawowa charakteryzuje się zwiększeniem rotacji zewnętrznej (A) i zmniejszeniem rotacji wewnętrznej (C) w stosunku do przeciwnego barku (odpowiednio B i D) (materiał własny).	19
Rycina 9. Uszkodzenie pierścienia rotatorów typu PASTA (A – artrografia MR; B – widok artroskopowy).	20
Rycina 10. Obraz artroskopowy ukazujący uszkodzenie typu SLAP (A – typ II; B – typ IV).	20
Rycina 11. Niestabilność tylna barku (A – Artrografia MR; B – test Kim’a; C – obraz artroskopowy).	21
Rycina 12. Pomiar zakresu ruchów rotacyjnych w stawie ramiennym (A – rotacja wewnętrzna; B – rotacja zewnętrzna) (materiał własny).	30
Rycina 13. Panel PC – urządzenie sprzęgające wszystkie elementy zestawu pomiarowego z komputerem PC (materiał własny).	31
Rycina 14. Panel X – jednoosiowy przetwornik położenia ramienia (materiał własny).	32
Rycina 15. Pilot – urządzenie do zatwierdzania pozycji stawu (materiał własny).	32
Rycina 16. Główne okno programu PROPRIOMETR (materiał własny).	33
Rycina 17. Połączenie jednostki centralnej PROPRIOMETRU z komputerem (materiał własny).	34
Rycina 18. Technika pomiaru czucia pozycji stawu (JPS) (A – pozycja wyjściowa dla ruchu zgięcia i odwiedzenia; B – badanie zgięcia; C – pozycja wyjściowa dla ruchu rotacji wewnętrznej i zewnętrznej) (materiał własny).	35
Rycina 19. Ocena obecności konfliktu wewnętrznego barku na podstawie badania ultrasonograficznego (materiał własny).	36

Rycina 20. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach odwiedzenia dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).	40
Rycina 21. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach zgięcia dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).	41
Rycina 22. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach rotacji wewnętrznej dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).	42
Rycina 23. Wartości mediany z słupkami błędów standardowych dla EARJP porównujące poziom czucia barku w różnych zakresach rotacji zewnętrznej dla barku rzucającego i nierzucającego u piłkarzy ręcznych oraz barku dominującego i niedominującego w grupie kontrolnej (wartości p według jednoczynnikowej analizy wariancji rang według Kruskala – Wallisa z testem post hoc Dunn’a).	43
Rycina 24. Wyniki zakresów ruchów rotacyjnych i deficytów wśród piłkarzy ręcznych i grupy kontrolnej. Strzałki z wartością p reprezentują statystyczne porównanie pomiędzy poszczególnymi wartościami dla piłkarzy ręcznych i grupy kontrolnej (test dla wartości nieparametrycznych Mann’a – Whitney’a). ER – rotacja zewnętrzna, IR – rotacja wewnętrzna, TAM – całkowity zakres ruchu, GIRD – ubytek rotacji wewnętrznej, TAMD – ubytek całkowitego zakresu ruchu.	44
Rycina 25. Różnice w fazie „późnego wypadu” w zależności od sposobu wykonania rzutu na przykładzie piłkarza ręcznego (A – rzut z biodra; B – rzut z wyskoku; C – rzut z obrotu; D – rzut z miejsca; E – rzut z miejsca z podbiegiem) – widok z boku (materiał własny).	54

Spis tabel

Tabela 1. Kryteria włączające i wykluczające dla grupy piłkarzy ręcznych.	27
Tabela 2. Kryteria włączające i wykluczające dla grupy kontrolnej.	27
Tabela 3. Charakterystyka opisowa uczestników badania.	28
Tabela 4. Wartości EARJP w grupie kontrolnej (CG) i grupie piłkarzy ręcznych (HB). †Mediana ± SEM (kwartyle), 95% CI; SEM = standardowy błąd pomiaru; CI = przedziały ufności; NS = brak istotności.	38
Tabela 5. Wartości EARJP dla barku rzucającego w grupie piłkarzy ręcznych w zależności od nasilenia występowania ubytku rotacji wewnętrznej (GIRD). SD = odchylenie standardowe; NS = brak istotności.	45
Tabela 6. Wartości EARJP dla barku rzucającego w grupie piłkarzy ręcznych w zależności od nasilenia występowania ubytku całkowitego zakresu ruchu (TAMD). SD = odchylenie standardowe; NS = brak istotności.	46
Tabela 7. Wartości EARJP dla barku rzucającego w grupie piłkarzy ręcznych w zależności od występowania dolegliwości bólowych lub zmian morfologicznych. SD = odchylenie standardowe; NS = brak istotności.	49

Bibliografia

1. Granados C, Izquierdo M, Ibanez J, et al. Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Med Sci Sports Exerc* 2008; **40**(2): 351-61.
2. Meister K. Injuries to the shoulder in the throwing athlete. *Am J Sports Med* 2000; **28**: 265-75.
3. Clarsen B, Bahr R, Andersson SH, et al. Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite male handball players: a prospective cohort study. *Br J Sports Med* 2014; **48**(17): 1327-33.
4. Chelly MS, Hermassi S, Aouadi R, et al. Match analysis of elite adolescent team handball players. *J Strength Cond Res* 2011; **25**(9): 2410-7.
5. van den Tillaar R, Ettema G. A comparison of overarm throwing with the dominant and nondominant arm in experienced team handball players. *Percept Mot Skills* 2009; **109**(1): 315-26.
6. Warner JP, Lephart S, Fu FH. Role of proprioception in pathoetiology of shoulder instability. *Clin Orthop Relat Res* 1996; **330**: 35-39.
7. Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor deficits contributing to glenohumeral instability. *Clin Orthop Relat Res* 2002; **400**(400): 98-104.
8. Boyara A, Salcia Y, Kocaka S, Korkusuza F. Shoulder proprioception in male adolescent tennis players and controls: The effect of shoulder position and dominance. *Isokinet Exerc Sci* 2007; **15**(2): 111-6.
9. Braun S, Kokmeyer D, Millett PJ. Shoulder injuries in the throwing athlete. *J Bone Joint Surg Am* 2009; **91**(4): 966-78.
10. Wilk KE, Meister K, Andrews JR. Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *Am J Sports Med* 2002; **30**(1): 136-51.
11. Wilk KE, Obma P, Simpson CD, et al. Shoulder injuries in the overhead athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009; **39**(2): 38-54.
12. Kaczmarek P, Lubiatowski P, Cisowski P, et al. Shoulder problems in overhead sports. Part I - biomechanics of throwing. *Pol Orthop Traumatol* 2014; **79**: 50-8.
13. Lephart SM, Riemann BL, Fu FH. Introduction to the sensorimotor system. In: Lephart SM Fu FH, ed. *Proprioception Control in Joint Stability*: Champaign, IL: Human Kinetics, 2000: 37-51.
14. Reinold MM, Gill TJ. Current Concepts in the Evaluation and Treatment of the Shoulder in Overhead-Throwing Athletes, Part 1: Physical Characteristics and Clinical Examination. *Sports Phys Ther* 2010; **2**(1): 39-50.
15. 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.

16. Dodson CC, Brockmeier SF, Altchek DW. Partial-Thickness Rotator Cuff Tears in Throwing Athletes. *Oper Tech Sports Med* 2007; **15**: 124-31.
17. Lephart SM, Warner JJ, Borsa PA, et al. Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 1994; **3**(6): 371-80.
18. Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, et al. The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996; **23**(6): 348-52.
19. Forestier N, Nougier V. The effects of muscular fatigue on the coordination of a multijoint movement in humans. *Neurosci Lett* 1998; **252**: 187-90.
20. Carpenter JE, Blasier RB, Pellizzon GG. The effects of muscle fatigue on shoulder joint position sense. *Am J Sports Med* 1998; **26**(2): 262-5.
21. Pedersen J, Lonn J, Hellstrom F, et al. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder. *Med Sci Sports Exerc* 1999; **31**(7): 1047-52.
22. Myers JB, Guskiewicz KM, Schneider RA, et al. Proprioception and neuromuscular control of the shoulder after muscle fatigue. *J Athl Train* 1999; **34**(4): 362-7.
23. Tripp BL, Boswell L, Gansneder BM, et al. Functional Fatigue Decreases 3-Dimensional Multijoint Position Reproduction Acuity in the Overhead-Throwing Athlete. *J Athl Train* 2004; **39**(4): 316-20.
24. Peat M, Culham E. Functional anatomy of the shoulder complex. In: Andrews JR, Wilk KE, Reinold MM, ed. *The Athlete's Shoulder* 2nd ed: New York, NY: Churchill Livingstone, 1994: 1-13.
25. Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR. Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; **18**: 402-8.
26. Warner JJP. W. The gross anatomy of the joint surfaces, ligaments, labrum, and capsule. In: Matsen FA, Fu FH, ed. *The Shoulder: A Balance of Mobility and Stability*: Rosemont, IL: Amer Academy of Orthopaedic, 1993: 7-28.
27. Harryman DT II, Sidles JA, Clark JM, McQuade KJ, Gibb TD, Matsen FA III. Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Joint Surg Am* 1990; **72**: 1334-43.
28. Park SS, Loebenberg ML, Rokito AS, Zuckerman JD. The Shoulder in Baseball Pitching: Biomechanics and related injuries – Part 2. *Bull Hosp Jt Dis* 2003; **61**(2): 68-79.
29. Lew WD, Lewis JL, Craig EV. Stabilization by capsule, ligaments and labrum: stability at the extremes of motion. In: Matsen FA, Fu FH, ed. *The Shoulder: A Balance of Mobility and Stability*. Rosemont, IL: Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1993: 69-89.
30. Joseph B. Myers SML. The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *J Athl Train* 2000; **35**(3): 351-63.

31. Johansson H Sjolander P. The neurophysiology of joints. In: Wright V, Radin EL, ed. *Mechanics of Human Joints: Physiology: Pathophysiology, and Treatment*. New York, NY: Marcel Dekker Inc, 1993: 243-90.
32. Riemann BL, Lephart SM. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *J Athl Train* 2002; **37**(1): 71-79.
33. Sherrington CS. *The Integrative Action of the Nervous System*. New York, NY: C Scribner's Sons, 1906.
34. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 1997; **25**(1): 130-7.
35. McQuade KJ, Dawson J, Smidt GL. Scapulothoracic muscle fatigue associated with alterations in scapulohumeral rhythm kinematics during maximum resistive shoulder elevation. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998; **28**: 74-80.
36. Palliard J, Brouchon M. Active and passive movements in the calibration of position sense. In: Freedman SJ, ed. *The neuropsychology of spatially oriented behavior*: Dorsey Press, Homewood III, 1968: 37-55.
37. Gottlieb D, Beynnon B, Dirks M, Renstrom P. Is joint position sense clinically relevant. *Trans Orthop Res Soc* 1994; **18**(2): 394.
38. Friemert B, Bach C, Schwarz W, et al. Benefits of active motion for joint position sense. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; **14**(6): 564-70.
39. Pappas AE, Zawacki RM, Sullivan TJ. Biomechanics of baseball pitching: A preliminary report. *Am J Sports Med* 1985; **13**(4): 216-22.
40. McLeod WM. The pitching mechanism. In: Zarnis B, Andrews JR, Carson WG, ed. *Injuries to the throwing arm*. Philadelphia: WB Saunders, 1985.
41. Braatz JH, Gogia PP. The mechanics of pitching. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 1987;**9**(3):56-69.
42. Keggerreis S, Jenkins WL, Maline TR. Throwing injuries: Sports injury management. 1989; **2**(4).
43. Fleisig GS, DC, Andrews JR. A biomechanical description of the shoulder joint during pitching. *Sports Med* 1991; **6**: 10-24.
44. Werner SL, Fleisig GS, Dillman CJ, et al. Biomechanics of the elbow during baseball pitching. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; **17**(6): 274-8.
45. Park SS, Loebenberg ML, Rokito AS., Zuckerman JD. The Shoulder in Baseball Pitching: Biomechanics and related injuries – Part 1. *Bull Hosp Jt Dis* 2002; **61**(1): 68-79.
46. Zachazewski JE, Steiner LA, Petruska AJ. Overhead Throwing and Other Related Motions. In: Kelley MJ, Clark WA, ed. *Orthopedic Therapy of the Shoulder*: JB Lippincott Company, 1994: 371-406.
47. Digiovine NM, Jobe FW, Pink M, et al. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elbow Surg* 1992; **1**(1): 15-25.

48. Glousman R, Jobe FW, Tibone J., et al. Dynamic EMG analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg* 1988; **70**(2): 220-6.
49. Gowan ID, Jobe FW, Tibone JE, et al. A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching. Professional versus amateur pitchers. *Am J Sports Med* 1987; **15**(6): 586-90.
50. Jobe FW, Tibone JE, Perry J, et al. An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching. A preliminary report. *Am J Sports Med* 1983; **11**(1): 3-5.
51. Jobe FW, Moynes DR, Tibone JE, et al. An EMG analysis of the shoulder in pitching. A second report. *Am J Sports Med* 1984; **12**(3): 218-20.
52. Ferrari DA. Capsular ligaments of the shoulder: anatomical and functional study of the anterior superior capsule. *Am J Sports Med* 1990; **18**(1): 20-4.
53. Howell SM, Kraft TA. The role of the supraspinatus and infraspinatus muscles in glenohumeral kinematics of anterior shoulder instability. *Clin Orthop* 1991; **263**: 128-34.
54. Bradley JP, Tibone JE. Electromyographic analysis of muscle action about the shoulder. *Clin Sports Med* 1991; **10**(4): 789-805.
55. Sakurai S. Motion analysis of overhand throwing: past, present, future. 18 International Symposium on Biomechanics in Sports, 2000.
56. Sakurai S. et al. A three-dimensional cinematographic analysis of upper limb movement during fastball and curveball baseball pitches. *J Appl Biomech* 1993; **9**: 47-65.
57. Sakurai S, Chentanez T, Elliott B. International comparison of the development trend of overhand throwing ability. *Med Sci Sports Exercises* 1998; **30**: 151.
58. Kibler WB. Biomechanical analysis of the shoulder during tennis activities. *Clin Sports Med* 1995; **14**: 79-86.
59. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part III: The SICK scapula, scapular dyskinesis, the kinetic chain, and rehabilitation. *Arthroscopy* 2003; **19**(6): 641-61.
60. Napolitano R, Jr., Brady DM. The diagnosis and treatment of shoulder injuries in the throwing athlete. *J Chiropr Med* 2002; **1**(1): 23-30.
61. Happee R, Van der Helm FC. The control of shoulder muscles during goal directed movements, an inverse dynamic analysis. *J Biomech* 1995; **28**(10): 1179-91.
62. Pink MM, Perry J. Biomechanics of the shoulder. In: Joble FW, ed. *Operative techniques in upper extremity sports injuries*. St. Louis: Mosby, 1996: 10-124.
63. Watkins RG, Dennis S, Dillin WH, et al. Dynamic EMG analysis of torque transfer in professional baseball pitchers. *Spine* 1989; **14**(4): 404-8.
64. Kibler WB, Livingstone BP. Closed chain rehabilitation for the upper and lower extremity. *J Am Acad Orthop Surg* 2001; **9**: 412-21.
65. Young JL, Herring SA, Press JM, et al. The influence of the spine on the shoulder in the throwing athlete. *J Back Musculoskelet Rehabil* 1996; **7**(1): 5-17.

66. Copeland S. Throwing injuries of the shoulder. *Br J Sp Med* 1993;**27**(4): 221-7.
67. Wagner H, Pfusterschmied J, Von Duvillard SP, et al. Skill-dependent proximal-to-distal sequence in team-handball throwing. *J Sports Sci* 2012; **30**(1): 21-9.
68. Wagner H, Pfusterschmied J, von Duvillard SP., Muller E. Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *J Sports Sci Med* 2011; **10**(1): 73-80.
69. Fleisig GS, Barrentine SW, Zheng N, Escamilla RF, Andrews JR. Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *J Biomech* 1999; **32**(12): 1371-5.
70. van den Tillaar R, Ettema G. Is there a proximal-to-distal sequence in overarm throwing in team-handball? *J Sports Sci* 2009; **27**(9): 949-55.
71. Wagner H, Pfusterschmied J, Tilp M, et al. Upper-body kinematics in team-handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scand J Med Sci Sports* 2014; **24**(2): 345-54.
72. van den Tillaar R, Ettema G. A force-velocity relationship and coordination patterns in overarm throwing. *J Sports Sci Med* 2004; **3**(4): 211-9.
73. Toyoshima S, Hoshikawa T, Miyashita M, Oguri T. Contribution of the body parts to throwing performance. In: Komi PV, ed. *Biomechanics V-B*. Baltimore: University Park Press, 1976: 169-74.
74. Wagner H, Buchecker M, von Duvillard SP, et al. Kinematic description of elite vs. Low level players in team-handball jump throw. *J Sports Sci Med* 2010; **9**(1): 15-23.
75. Fradet L, Botcazou M, Durocher C, Cretual A, Multon F, Prioux J, Delamarche P. Do handball throws always exhibit a proximal-to-distal segment sequence? *Eur J Sport Sci* 2004; **22**(5): 439-47.
76. Gorostiaga EM, Granados C, Ibanez J, Izquierdo M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med* 2005; **26**(3): 225-32.
77. Pori P, Bon M, Sibila, M. Jump shot performance in team handball. A kinematic model evaluated on the basis of expert modeling. *Kinesiol* 2005; **37**(1): 40-49.
78. Sibila M, Pori P, Bon M. Basic kinematic differences between two types of jump shot techniques in handball. *Acta Universita Palacki Olomuc* 2003; **33**(1): 19-26.
79. Wagner H, Kainrath S, Müller E. Coordinative and tactical parameters of team-handball jump throw. The correlation of level of performance, throwing quality and selected technique/tactical parameters. *Leistungssport* 2008; **38**: 35-42.
80. van den Tillaar R, Ettema G. A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *J Appl Biomech* 2007; **23**(1): 12-9.
81. Clements AS Ginn KA, Henley EC. Comparison of upper limb musculoskeletal function and throwing performance in adolescent baseball players and matched controls. *Phys Ther Sport* 2001; **2**(1): 4-14.
82. Curtis AS, Deshmukh R. Throwing injuries: diagnosis and treatment. *Arthroscopy* 2003; **19** Suppl 1(10): 80-5.

83. Walch G, Boileau P, Noel E, et al. Impingement of the deep surface of the supraspinatus tendon on the posterosuperior glenoid rim: An arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg* 1992; **1**(5): 238-45.
84. Edelson G, Teitz C. Internal impingement in the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2000; **9**(4): 308-15.
85. Kaplan LD, McMahon PJ, Towers J, et al. Internal impingement: findings on magnetic resonance imaging and arthroscopic evaluation. *Arthroscopy* 2004; **20**(7): 701-4.
86. McFarland EG, Hsu CY, Neira C, et al. Internal impingement of the shoulder: a clinical and arthroscopic analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 1999; **8**(5): 458-60.
87. Jobe CM. Posterior superior glenoid impingement: expanded spectrum. *Arthroscopy* 1995; **11**(5): 530-36.
88. Jobe FW, Pink M. Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; **18**(2): 427-32.
89. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy* 2003; **19**(4): 404-20.
90. Burkhart SS, Morgan CD, Kibler WB. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology. Part II: evaluation and treatment of SLAP lesions in throwers. *Arthroscopy* 2003; **19**(5): 531-9.
91. Kibler WB, Kuhn JE, Wilk K, et al. The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology-10-year update. *Arthroscopy* 2013; **29**(1): 141-61.
92. Lubiawski P, Kaczmarek PK, Slezak M, et al. Problems of the glenohumeral joint in overhead sports - literature review. Part II - pathology and pathophysiology. *Pol Orthop Traumatol* 2014; **79**: 59-66.
93. Myklebust G, Hasslan L, Bahr R, et al. High prevalence of shoulder pain among elite Norwegian female handball players. *Scand J Med Sci Sports* 2013; **23**(3): 288-94.
94. Seil R, Rupp S, Tempelhof S, et al. Sports injuries in team handball. A one-year prospective study of sixteen men's senior teams of a superior nonprofessional level. *Am J Sports Med* 1998; **26**(5): 681-7.
95. Siskosky MJ, ElAttrache N. Management of Internal Impingement and Partial Rotator Cuff Tears in the Throwing Athlete. *Oper Tech Sports Med* 2007; **15**(3): 132-43.
96. Paletta GA, Jr., Warner JJ, Warren RF, et al. Shoulder kinematics with two-plane x-ray evaluation in patients with anterior instability or rotator cuff tearing. *J Shoulder Elbow Surg* 1997; **6**(6): 516-27.
97. Warner JJ, Micheli L, Arslenian L. Scapulothoracic motion in normal shoulders and shoulders with glenohumeral instability and impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res* 1992; **285**: 191-9.
98. Kibler WB, Sciascia A. Current concepts: scapular dyskinesis. *Br J Sports Med* 2010; **44**(5): 300-5.

99. Napolitano R, Jr., Brady DM. The diagnosis and treatment of shoulder injuries in the throwing athlete. *J Chiropr Med* 2002; **1**(1): 23-30.
100. Cohen BS, Romeo AA, Bach BR. Shoulder injuries. In: Brotzman SB, Wilk K, ed. *Clinical orthopedic rehabilitation Part 1*. Wrocław: Elsevier Urban & Partner, 2007: 183-378.
101. Ogrodowicz P. Effect of unilateral traumatic, recurrent, anterior instability of the shoulder on dynamic proprioception disorder, expressed as an error of active reproduction of joint position sense [doctoral thesis]. University of Medical Sciences, Poznan, 2013.
102. Lubiowski P, Ogrodowicz P, Wojtaszek M, et al. Measurement of active shoulder proprioception: dedicated system and device. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2013; **23**(2): 177-83.
103. de Jesus JO, Parker L, Frangos AJ, et al. Accuracy of MRI, MR arthrography, and ultrasound in the diagnosis of rotator cuff tears: a meta-analysis. *Am J Roentgenol* 2009; **192**(6): 1701-7.
104. Dines KA, Kak AC. Ultrasonic attenuation tomography of soft tissues. *Ultrason Imaging* 1979; **1**(1): 16-33.
105. Almeida GP, Silveira PF, Rosseto NP. Glenohumeral range of motion in handball players with and without throwing-related shoulder pain. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; **22**(5): 602-7.
106. Wilk KE, Reinold MM, Macrina LC, et al. Glenohumeral internal rotation measurements differ depending on stabilization techniques. *Sports Health* 2009; **1**(2): 131-6.
107. Olczak I. Wpływ aplikacji Kinesiology Taping na czucie pozycji stawu u pacjentów z niestabilnością stawu ramiennego [doctoral thesis]. University of Medical Sciences, Poznan, 2014.
108. Lubiowski P, Walecka J, Lisiewicz E., Kaczmarek P., Grygorowicz M., Ogrodowicz P., Romanowski L. Validation of shoulder proprioception evaluation with electronic goniometer. SECEC 2014, 25th Congress of the European Society for Surgery of Shoulder and Elbow. Istanbul, 2014.
109. Safran MR, Borsa PA, Lephart SM, et al. Shoulder proprioception in baseball pitchers. *J Shoulder Elbow Surg* 2001; **10**(5): 438-44.
110. Dover GC, Kaminski TW, Meister K, et al. Assessment of shoulder proprioception in the female softball athlete. *Am J Sports Med* 2003; **31**(3): 431-7.
111. Wassinger CA, Myers JB, Gatti JM, et al. Proprioception and throwing accuracy in the dominant shoulder after cryotherapy. *J Athl Train* 2007; **42**(1): 84-9.
112. Whiteley RJ, Adams RD, Nicholson LL, et al. Shoulder proprioception is associated with humeral torsion in adolescent baseball players. *Phys Ther Sport* 2008; **9**(4): 177-84.
113. Herrington L, Horsley I, Rolf C. Evaluation of shoulder joint position sense in both asymptomatic and rehabilitated professional rugby players and matched controls. *Phys Ther Sport* 2010; **11**(1): 18-22.

114. Nodehi-Moghadam A, Nasrin K, Kharazmi A, Eskandari Z. A Comparative Study on Shoulder Rotational Strength, Range of Motion and Proprioception between the Throwing Athletes and Non-athletic Persons. *Asian J Sports Med* 2013; **4**(1): 34-40.
115. Freeston J, Adams RD, Rooney K. Shoulder proprioception is not related to throwing speed or accuracy in elite adolescent male baseball players. *J Strength Cond Res* 2015; **29**(1): 181-7.
116. Ozer D, Duzgun I, Baltaci G, et al. The effects of rope or weighted rope jump training on strength, coordination and proprioception in adolescent female volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness* 2011; **51**(2): 211-9.
117. Niederseer D, Mörtl H, Liebensteiner MC, Egger A, Thaler CW, Plöderl M, Niebauer J, Raschner C. General fatigue and joint position sense in male elite handball players. *Deutsche zeitschrift fur sportmedizin* 2014; **65**(6): 149-53.
118. Suprak DN. Shoulder joint position sense is not enhanced at end range in an unconstrained task. *Hum Mov Sci* 2011; **30**(3): 424-35.
119. Dover G, Powers ME. Reliability of Joint Position Sense and Force-Reproduction Measures During Internal and External Rotation of the Shoulder. *J Athl Train* 2003; **38**(4): 304-10.
120. Yang JL, Chen S, Jan MH, et al. Proprioception assessment in subjects with idiopathic loss of shoulder range of motion: joint position sense and a novel proprioceptive feedback index. *J Orthop Res* 2008; **26**(9): 1218-24.
121. Blasier RB, Carpenter JE, Huston LJ. Shoulder propeioception: effect of joint laxity , joint position ,and direction of motion. *Orthop Rev* 1994; **23**(1): 45-50.
122. Aydin T, Yildiz Y, Yanmis I, et al. Shoulder proprioception: a comparison between the shoulder joint in healthy and surgically repaired shoulders. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001; **121**(7): 422-5.
123. Bullock-Saxton JE, Wong WJ, Hogan N. The influence of age on weight-bearing joint reposition sense of the knee. *Exp Brain Res* 2001; **136**(3): 400-6.
124. Janwantanakul P, Magarey ME, Jones MA, et al. Variation in shoulder position sense at mid and extreme range of motion. *Arch Phys Med Rehabil* 2001; **82**(6): 840-4.
125. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, et al. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; **11**(6): 579-86.
126. Capaday C, Darling WG, Stanek K, et al. Pointing to oneself: active versus passive proprioception revisited and implications for internal models of motor system function. *Exp Brain Res* 2013; **229**(2): 171-80.
127. Allegrucci M, Whitney SL, Lephart SM, et al. Shoulder kinesthesia in healthy unilateral athletes participating in upper extremity sports. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995; **21**(4): 220-6.
128. Adamo DE, Martin BJ. Position sense asymmetry. *Exp Brain Res* 2009; **192**(1): 87-95.

129. Ramsay JR, Riddoch MJ. Position-matching in the upper limb: professional ballet dancers perform with outstanding accuracy. *Clin Rehabil* 2001; **15**(3): 324-30.
130. Myers JB, Lephart SM. The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *J Athl Train* 2000; **35**(3): 351-63.
131. Grigg P. Peripheral neural mechanisms in proprioception. *J Sport Rehabil* 1994; **3**(1): 2-17.
132. Lubiatuski P, Olczak I, Lisiewicz E, et al. Elbow joint position sense after total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; **23**(5): 693-700.
133. Smith RL, Brunolli J. Shoulder kinesthesia after anterior glenohumeral joint dislocation. *Phys Ther* 1989; **69**(2): 106-12.
134. Goble DJ, Lewis CA, Brown SH. Upper limb asymmetries in the utilization of proprioceptive feedback. *Exp Brain Res* 2006; **168**(1-2): 307-11.
135. Colley A. Spatial location judgements by right and lefthanders. *Cortex* 1984; **20**(1): 47-53.
136. Roy EA, MacKenzie C. Handedness effects in kinesthetic spatial location judgements. *Cortex* 1978; **14**(2): 250-8.
137. Suprak DN, Osternig LR, van Donkelaar P, et al. Shoulder joint position sense improves with elevation angle in a novel, unconstrained task. *J Orthop Res* 2006; **24**(3): 559-68.
138. Suprak DN. Shoulder joint position sense is not enhanced at end range in an unconstrained task. *Hum Mov Sci* 2011; **30**(3): 424-35.
139. Herrington L. Glenohumeral joint: internal and external rotation range of movement in javelin throwers. *Br J Sports Med* 1998; **32**(3): 226-8.
140. Myers JB, Wassinger CA, Lephart SM. Sensorimotor contribution to shoulder stability: effect of injury and rehabilitation. *Man Ther* 2006; **11**(3): 197-201.
141. Herrington L, Horsley, I., Whittaker, L., Rolf, K. Does a tackling task affect shoulder joint position sense in rugby players? *Phys Ther Sport* 2008; **9**(2): 67-71.
142. Jerosch J, Thorwesten L, Steinbeck J, et al. Proprioceptive function of the shoulder girdle in healthy volunteers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1996; **3**(4): 219-25.
143. Langevoort G, Myklebust G, Dvorak J, et al. Handball injuries during major international tournaments. *Scand J Med Sci Sports* 2007; **17**(4): 400-07.
144. Almeida GP, Silveira P, Rosseto NP et al. Glenohumeral range of motion in handball players with and without throwing-related shoulder pain. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; **22**(5): 602-07.
145. Trakis JE, McHugh MP, Caracciolo PA, et al. Muscle strength and range of motion in adolescent pitchers with throwing-related pain: implications for injury prevention. *Am J Sports Med* 2008; **36**(11): 2173-8.
146. Wilk KE, Macrina LC, Fleisig GS, et al. Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 2011; **39**(2): 329-35.

147. Halbrecht JL, Tirman P, Atkin D. Internal impingement of the shoulder: comparison of findings between the throwing and nonthrowing shoulders of college baseball players. *Arthroscopy* 1999; **15**(3): 253-8.
148. Ellenbecker TS, Roetert EP, Bailie DS, et al. Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc* 2002; **34**(12): 2052-6.
149. Myers JB, Laudner KG, Pasquale MR, et al. Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *Am J Sports Med* 2006; **34**(3): 385-91.
150. Shanley E. TCA, Clark J.C. et al. Changes in passive range of motion and development of glenohumeral internal rotation deficit (GIRD) in the professional pitching shoulder between spring training in two consecutive years. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; **21**(11): 1605-12.
151. Dwelly PM, Tripp BL, Tripp PA, et al. Glenohumeral rotational range of motion in collegiate overhead-throwing athletes during an athletic season. *J Athl Train* 2009; **44**(6): 611-6.
152. Ruotolo C, Price E, Panchal A. Loss of total arc of motion in collegiate baseball players. *J Shoulder Elbow Surg* 2006; **15**(1): 67-71.
153. Kaplan KM, Elattrache NS, Jobe FW, et al. Comparison of shoulder range of motion, strength, and playing time in uninjured high school baseball pitchers who reside in warm- and cold-weather climates. *Am J Sports Med* 2011; **39**(2): 320-8.
154. Kibler WB, Sciascia A, Thomas SJ. Glenohumeral internal rotation deficit: pathogenesis and response to acute throwing. *Sports Med Arthrosc* 2012; **20**(1): 34-8.
155. Laudner KG, Sipes RC, Wilson JT. The acute effects of sleeper stretches on shoulder range of motion. *J Athl Train* 2008; **43**(4): 359-63.
156. Lintner D, Mayol M, Uzodinma O, et al. Glenohumeral internal rotation deficits in professional pitchers enrolled in an internal rotation stretching program. *Am J Sports Med* 2007; **35**(4): 617-21.
157. Massimini DF, Boyer PJ, Papannagari R, et al. In-vivo glenohumeral translation and ligament elongation during abduction and abduction with internal and external rotation. *J Orthop Surg Res* 2012; **7**: 29.
158. Budoff JE, Nirschl RP, Ilahi OA, et al. Internal impingement in the etiology of rotator cuff tendinosis revisited. *Arthroscopy* 2003; **19**(8): 810-4.
159. Kirchhoff C, Imhoff AB. Posterosuperior and anterosuperior impingement of the shoulder in overhead athletes-evolving concepts. *Int Orthop* 2010; **34**(7): 1049-58.
160. Jost B, Zumstein M, Pfirrmann CW, et al. MRI findings in throwing shoulders: abnormalities in professional handball players. *Clin Orthop Relat Res* 2005; **434**(434): 130-7.
161. Anderson VB, Wee E. Impaired joint proprioception at higher shoulder elevations in chronic rotator cuff pathology. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; **92**(7): 1146-51.

162. Blanch P. Conservative management of shoulder pain in swimming. *Phys Ther Sport* 2004; **5**(3): 109-24.
163. Alvmalm A, Furness A, Wellington L. Measurement of shoulder joint kinaesthesia. *Man Ther* 1996; **1**(3): 140-45.
164. Hagio T, Shibata Y, Shinoda T, Izaki T. Proprioception of the Shoulder Joint in the Cases of Rotator Cuff Tears and Healthy Volunteers. *Katakansetsu* 2011; **35**(3): 837-40.
165. Warner JJ, Micheli LJ, Arslanian LE, et al. Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. *Am J Sports Med* 1990; **18**(4): 366-75.
166. Warner JJ, Lephart SM, Fu FH. Role of proprioception in pathoetiology of shoulder instability. *Clin Orthop Rel Res* 1996; **330**: 35-9.
167. Lephart SM, Henry TJ. The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J Sport Rehab* 1996; **5**(1): 71-87.
168. Beynnon B, Renstrom A, Konradsen L, Elmqvist L, Gottlieb D, Dirks M. Validation of Techniques to Measure Knee Proprioception. In: Lephart LM, Fu FH, ed. *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability*. Champaign: Human Kinetics, 2000: 127-38.
169. Borsa PA, Lephart SC, Kocher MS, Lephart SP. Functional assessment and rehabilitation of shoulder proprioception for glenohumeral instability. *J Sport Med* 1994; **3**(1): 84-104.
170. Barden JM, Balyk R, Raso VJ, et al. Dynamic upper limb proprioception in multidirectional shoulder instability. *Clin Orthop Relat Res* 2004; **420**(420): 181-9.
171. Ulkar B, Kunduracioglu B, Cetin C, et al. Effect of positioning and bracing on passive position sense of shoulder joint. *Br J Sports Med* 2004; **38**(5): 549-52.
172. Lonn J, Crenshaw AG, Djupsjobacka M, et al. Position sense testing: influence of starting position and type of displacement. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; **81**(5): 592-7.
173. Lee HM, Liao JJ, Cheng CK, et al. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech* 2003; **18**(9): 843-7.
174. Wassinger CA, Myers JB, Gatti JM, Conley KM, Lephart SM. Proprioception and Throwing Accuracy in the Dominant Shoulder After Cryotherapy. *J Athl Train* 2007; **42**(1): 84-89.
175. Chapman J, Suprak DN, Karduna AR. Unconstrained shoulder joint position sense does not change with body orientation. *J Orthop Res* 2009; **27**(7): 885-90.
176. Tripp BL, Faust D, Jacobs P. Elbow joint position sense after neuromuscular training with handheld vibration. *J Athl Train* 2009; **44**(6): 617-23.