

Joanna Wałęcka

# Ocena propriocepcji barku po odwróconej endoprotezoplastyce stawu ramiennego

## **Rozprawa doktorska**

Promotor: dr hab. n. med. Przemysław Lubiowski

Katedra i Klinika Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki Uniwersytetu Medycznego  
im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Kierownik Kliniki prof. dr hab. Leszek Romanowski

Poznań 2016

## Podziękowania

Składam szczególne podziękowania Promotorowi mojej pracy dr hab. n. med. Przemysławowi Lubiatowskiemu za życzliwość, wsparcie i pomoc merytoryczną.

Dziękuję profesorowi Ofer Levy za wskazówki i pomoc w zebraniu materiału klinicznego.

Szczególne podziękowania składam mojej Babci Janinie Wieczorek za dopingowanie przy pisaniu tej pracy.

Podziękowania dla mojej najbliższej Rodziny i Przyjaciół za nieocenione wsparcie.

Podziękowania składam prof. dr hab. Leszkowi Romanowskiemu oraz całemu zespołowi pracowników Kliniki Traumatologii, Ortopedii i Chirurgii Ręki za wskazówki merytoryczne.

## Spis treści

<b>Wykaz skrótów .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Wstęp .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Wprowadzenie .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Artropatia w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów .....</b>	<b>9</b>
1.3.1 Pierścień rotatorów .....	9
1.3.2 Obraz kliniczny .....	11
<b>1.4 Odwrócona endoprotezoplastyka stawu ramiennego.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Propriocepcja .....</b>	<b>17</b>
1.5.1 Definicja .....	17
1.5.2 Propriocepcja w układzie czuciowo – ruchowym.....	17
1.5.3 Anatomia i fizjologia .....	18
<b>2. Założenia pracy .....</b>	<b>22</b>
<b>3. Hipotezy .....</b>	<b>23</b>
<b>4. Cele pracy .....</b>	<b>23</b>
<b>5. Materiał.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Grupa RSA: .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2 Grupa kontrolna: .....</b>	<b>28</b>
<b>6. Metodyka .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1 Ocena pacjentów po operacji endoprotezoplastyki stawu ramiennego.....</b>	<b>29</b>
6.1.1 Ocena kliniczna.....	29
6.1.2 Badanie siły mięśniowej za pomocą dynamometru elektronicznego .....	31
6.1.3 Badanie czucia pozycji stawu ramiennego za pomocą goniometru elektronicznego...33	
<b>6.2 Analiza statystyczna.....</b>	<b>37</b>
<b>6.3 Komisja bioetyczna .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Wyniki .....</b>	<b>38</b>
<b>7. 1 Ocena kliniczna po endoprotezoplastyce odwróconej stawu ramiennego .....</b>	<b>38</b>
7.1.1 Wyniki funkcjonalne.....	38
7.1.2 Wyniki zakresu ruchu barku.....	39
7.1.3 Wyniki oceny siły .....	40

<b>7.2 Ocena propriocepcji stawu ramiennego.....</b>	<b>41</b>
7.2.1 Wyniki błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu (EARJP) w poszczególnych grupach .....	41
7.2.2 Korelacja wartości błędu odtworzenia pozycji stawu z wartością kąta odchylenia stawu ramiennego.....	43
<b>7.3 Korelacja wyników propriocepcji z wynikami oceny funkcji i stanu klinicznego .....</b>	<b>46</b>
7.3.1 Bark operowany w grupie RSA.....	46
7.3.2 Bark nieoperowany w grupie RSA.....	52
<b>8. Dyskusja.....</b>	<b>56</b>
<b>8.1 Propriocepcja w zmianach zwyrodnieniowych.....</b>	<b>57</b>
<b>8.2 Wartość błędu odtworzenia pozycji stawu ramiennego po odwróconej endoprotezoplastyce .....</b>	<b>58</b>
<b>8.3 Propriocepcja w osób starszych .....</b>	<b>61</b>
<b>8.4 Korelacja wartości błędu odtworzenia pozycji stawu od kąta odchylenia stawu ramiennego .....</b>	<b>62</b>
<b>8.5 Korelacje wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu (EARJP) barku operowanego z oceną kliniczną .....</b>	<b>62</b>
<b>9. Wnioski .....</b>	<b>65</b>
<b>10. Streszczenie .....</b>	<b>66</b>
<b>11. Bibliografia.....</b>	<b>70</b>
<b>12. Spis rycin.....</b>	<b>78</b>
<b>13. Spis tabel .....</b>	<b>80</b>
<b>14. Aneksy.....</b>	<b>82</b>
14.1. Aneks nr 1 .....	82
14.2. Aneks nr 2 .....	84
14.3. Aneks nr 3 .....	85

## **Wykaz skrótów**

ADLIER- Activities of Daily Living Requiring Internal and External Rotation

ADLER- Activities of Daily Living Requiring External Rotation

EARJP - Error of Active Reproduction of Joint Position

ER- external rotation

Grupa RSA- grupa po odwróconej endoprotezoplastyce barku (RSA – reverse shoulder arthroplasty)

IR- internal rotation

IST- ścięgno mięśnia podgrzebieniowego

JPS- joint position sense

KT- tomograf komputerowy

LHB- głowa długa mięśnia dwugłowego

MR- rezonans magnetyczny

Projekcja A-P- projekcja Anterior- Posterior

RC- ścięgna pierścienia rotatorów

ROM- range of movement

RTG- zdjęcie rentgenowskie

SSCAP – ścięgno mięśnia podłopatkowego

SST- ścięgno mięśnia nadgrzebieniowego

TMn- ścięgno mięśnia obłego mniejszego

TRSA- reverse total shoulder arthroplasty

USG- ultrasonografia

# 1. Wstęp

## 1.1. Wprowadzenie

Propriocepcja jest istotnym elementem fizjologii stawu ramiennego wspomagającym jego stabilność oraz koordynację ruchu. Pomimo, iż jej elementy mogą być zaburzone w wielu chorobach, to nadal znaczna część aspektów tej wyspecjalizowanej funkcji nie została poznana. Zaburzenia propriocepcji mogą dotyczyć nie tylko stanów pourazowych, ale mogą być także powiązane z leczeniem operacyjnym oraz schorzeniami przewlekłymi. Niektóre zabiegi operacyjne, które wiążą się z uszkodzeniem tkanek będących źródłem informacji proprioceptywnych mogą istotnie wpływać na kontrolę stawu. Bezspornie należy do nich operacja endoprotezoplastyki. Czucie pozycji stawu jest mierzone zarówno w aspektach naukowych jak i praktycznych, np. do monitorowania przebiegu leczenia oraz powrotu prawidłowej funkcji w porównaniu do kończyny zdrowej [1]–[3].

Od wielu lat w Katedrze i Klinice Traumatologii i Ortopedii i Chirurgii Ręki Uniwersytetu Medycznego im. K. Marcinkowskiego wykonywane jest badanie czucia pozycji stawu ramiennego jako jednego z elementów propriocepcji [1]–[4]. Propriocepcja to m.in. zdolność czucia pozycji i ruchu stawu [1]–[5]. Badanie czucia pozycji stawu jako jednego z elementów propriocepcji najczęściej przeprowadzane jest za pomocą elektronicznego goniometru i ma na celu mierzenie błędu odtworzenia zadanego kąta pozycji stawu. Schorzenia i uszkodzenia urazowe stawu ramiennego zaburzają równowagę między kontrolą nerwowo-mięśniową i stabilnością stawu oraz prowadzą do jego dysfunkcji. Doniesień mówiących o propriocepcji stawu ramiennego po operacji endoprotezoplastyki jest stosunkowo niewiele [6]–[9]. Tytułem przykładu wskazać należy opisanie propriocepcji stawu ramiennego w nielicznej grupie pięciu pacjentów po odwróconej endoprotezoplastyce [6]. Operacja endoprotezoplastyki stawu ramiennego jest uznaną metodą leczenia pacjentów z dużymi dolegliwościami bólowymi oraz ograniczeniem funkcji barku na tle zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych. Aktualnie stosowane są różne konstrukcje implantów, zależnie od kilku czynników. Do najważniejszych należą: zaawansowanie zmian zwyrodnieniowych, jakość i funkcja ścięgien mięśni pierścienia rotatorów oraz wiek. Endoprotezoplastyka to rozległy zabieg operacyjny obejmujący usunięcie torebki stawowej oraz uwolnienie przyczepów mięśniowych. Działanie takie przypuszczalnie zaburza równowagę kontroli nerwowo-mięśniowej stawu ramiennego [10].

Zarówno przed jak i po zastosowanym leczeniu operacyjnym konieczna jest ocena kliniczna pacjentów. Zastosowane do tego celu specyficzne ankiety oceniające funkcje barku (ADLER, ADLIER, Constant) pozwolą sprawdzić, jak pacjent radzi sobie w trakcie codziennych aktywności życiowych [11], [12]. Kolejnym badaniem umożliwiającym ocenę funkcji stawu ramiennego po operacji endoprotezoplastyki jest badanie siły grup mięśniowych odpowiadających za poszczególne ruchy. Może być wykonane przez badającego w codziennej praktyce lekarskiej za pomocą manualnego testu mięśniowego. Badanie takie opiera się jednak na subiektywnej ocenie osoby badającej. Siłę tę można zbadać obiektywnie za pomocą dostępnych na rynku dynamometrów, m.in. dynamometru ściskowego, dynamometru uniwersalnego czy dynamometru hydraulicznego, które mierzą siłę mięśniową w skurczu izometrycznym [13], [14]. Bardziej zaawansowaną alternatywą jest badanie siły izokinetycznej stawu ramiennego, które to przeprowadza się za pomocą specjalnego dynamometru (np. Biodex). Urządzenie ma jednak kilka wad: skomplikowana obsługa, wysoki koszt zakupu, gabaryty oraz brak możliwości transportu [15].

## **1.2 Zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego**

Choroba zwyrodnieniowa stawów rozwija się w wyniku zaburzenia procesów regeneracji i degeneracji chrząstki stawowej oraz kości podchrzęstnej. Jest najczęściej rozpoznawaną chorobą przewlekłą stawów [16]. Podkreślić należy, że choroba ta może być podzielona ze względu na etiologię na pierwotną (idiopatyczną) oraz wtórną [16], [17]. Charakterystyczne dla stawu ramiennego są zmiany w części tylnej panewki oraz zanik chrząstki w części centralnej głowy kości ramiennej otoczony ułożonymi w pierścień osteofitami, w zachyłku pachowym oraz podkruczym mogą występować ciała wolne. Częściej spotykane są wtórne zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego na podłożu urazów lub przewlekłych patologii jak uszkodzenie ścięgien pierścienia rotatorów (RC).

Zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego powodują jego niezorność i upośledzenie ruchu. W typowym wywiadzie pacjent podaje dolegliwości bólowe, często promieniujące do łopatki, szyi, stawu łokciowego oraz stopniowe ograniczanie funkcji. W badaniu przedmiotowym szczególnie ograniczony jest ruch odwiedzenia i rotacji zewnętrznej. Ruchom towarzyszą trzeszczenia i przeskakiwania oraz osłabienie siły mięśniowej. Diagnoza potwierdzana jest na podstawie badań obrazowych: RTG w projekcji AP i osiowej.

W wątpliwych przypadkach lub celem dokładniejszej oceny rozległości zmian zwyrodnieniowych oraz uszkodzenia ścięgien pierścienia rotatorów można wykonać badanie tomografu komputerowego (KT), rezonansu magnetycznego (MR) lub ultrasonograficzne (USG) [17]–[19]. Badanie te są niezbędne w przypadku planowania leczenia operacyjnego.

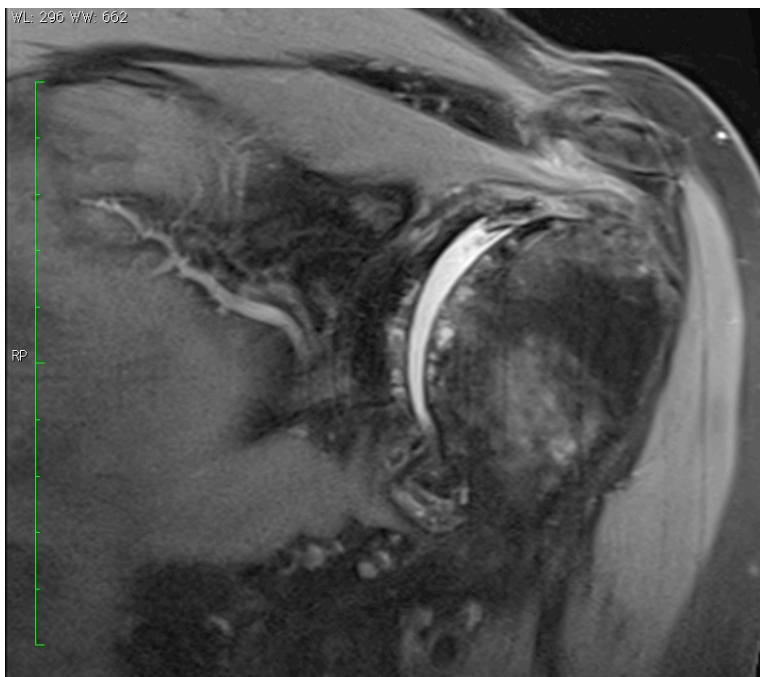


Rycina 1 Obraz RTG (projekcja AP) zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych stawu ramiennego; widoczna utrata szpary stawowej, sklerotyzacja kości podchrzęstnej, olbrzymie osteofity, zachowana centralizacja stawu, bez górnej migracji głowy. Materiał własny.



Rycina 2 Obraz RTG (projekcja Y) zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych stawu ramiennego; widoczna utrata szpary stawowej, sklerotyzacja kości podchrzęstnej, olbrzymie osteofity, zachowana centralizacja stawu, bez górnej migracji głowy. Materiał własny.





Rycina 3 Zaawansowane zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego w badaniu rezonansu magnetycznego. Widoczny płyn w stawie, brak chrząstki na powierzchniach stawowych, osteofity, zachowane RC. Materiał własny.

### 1.3 Artropatia w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów

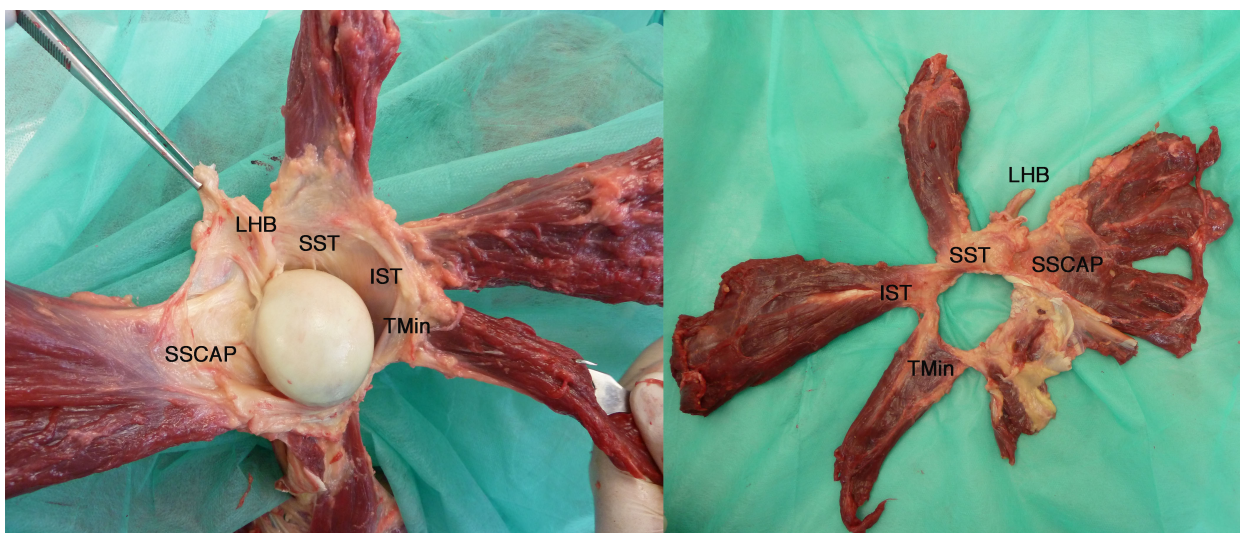
Artropatia stawu ramiennego w przebiegu uszkodzeń ścięgien pierścienia zawiera spektrum różnych uszkodzeń. Do jej głównych cech należy uszkodzenie pierścienia rotatorów, zmiany zwyrodnieniowe stawu oraz górna migracja głowy kości ramiennej. W badaniu klinicznym cechuje się ograniczeniem zakresu ruchu oraz zaburzeniem biomechaniki stawu.

#### 1.3.1 Pierścień rotatorów

Bark, który jest odpowiedzialny za umieszczenie ramienia w przestrzeni ma równocześnie największy możliwy zakres ruchu, przekraczający półkule. Opisywany jest on jako kompleks stawów, na który składa się staw ramienny, barkowo- obojczykowo i mostkowo obojczykowy. Stabilność wymienionych stawów oraz prawidłowo działającego mięśnia naramiennego i mięśni pierścienia rotatorów pozwala na ruchy ramienia.

Pierścień rotatorów (RC) jest natomiast kompleksem 4 mięśni, których początkowe przyczepy zlokalizowane są w obrębie łopatki, a końcowe w postaci ścięgien na guzku

większym i mniejszym kości ramiennej. W jego skład wchodzi: mięsień podłopatkowy, mięsień nadgrzebieniowy, mięsień podgrzebieniowy i mięsień obły mniejszy, które to łączą się ze sobą w miejscu przyczepu tworząc pierścień (Rycina 4) [20]. Jest to połączenie ścięgno-kostne zbudowane z kilku warstw: ścięgna, chrząstki włóknistej, uwapnionej chrząstki włóknistej oraz kości. Odpowiednie właściwości biomechaniczne wyodrębnionych warstw nadają poszczególnym przyczepom ścięgnistym wytrzymałość na rozciąganie oraz na działanie sił kompresyjnych i wielokierunkowych. Rolą RC jest stabilizacja głowy kości ramiennej w panewce oraz kierowanie ramieniem. Przyczynia on się również do ruchów odwiedzenia, rotacji wewnętrznej i zewnętrznej. Mięsień podłopatkowy obraca ramię do wewnątrz, a jego antagonistami są mięsień podgrzebieniowy i mięsień obły mniejszy. Badania histologiczne ścięgien wykazały zmniejszone ukrwienie w okolicy przyczepu do głowy kości ramiennej, co predysponuje do powstawania zmian zwyrodnieniowych i uszkodzeń tej okolicy [20]–[22]. Mięsień nadgrzebieniowy wspólnie z mięśniem naramiennym odwodzi ramię. Przy większym kącie odwiedzenia ramienia efektywniejsze jest działanie mięśnia naramiennego [23]. RC mają również funkcje dynamicznej stabilizacji stawu ramiennego [24]. Ścięgna mięśni pierścienia rotatorów przebiegają w przestrzeni podbarkowej, ograniczonej przez łuk barkowy. Tworzą go wyrostek barkowy, wyrostek kruczy oraz więzadło kruczo-barkowe. Przestrzeń wypełniona jest kaletką podbarkową, która odpowiada m.in. za gładki przesuw ścięgien.



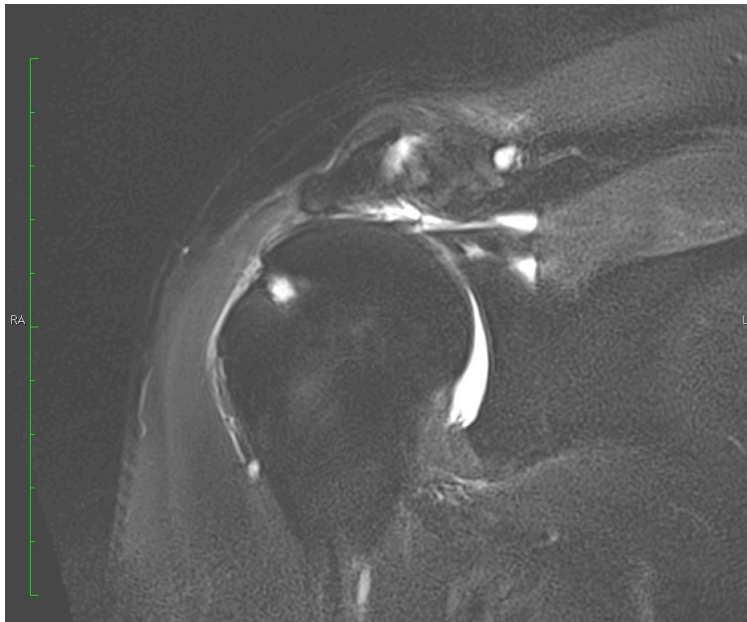
Rycina 4 Obraz anatomiczny pierścienia rotatorów. (SST- ścięgno mięśnia nadgrzebieniowego, IST- ścięgno mięśnia podgrzebieniowego, TMin- ścięgno mięśnia obłego mniejszego, SSCAP – ścięgno mięśnia podłopatkowego, LHB- głowa długa mięśnia dwugłowego). Rycina użyta za zgodą dr hab. n. med. Przemysława Lubiatowskiego [25].

### 1.3.2 Obraz kliniczny

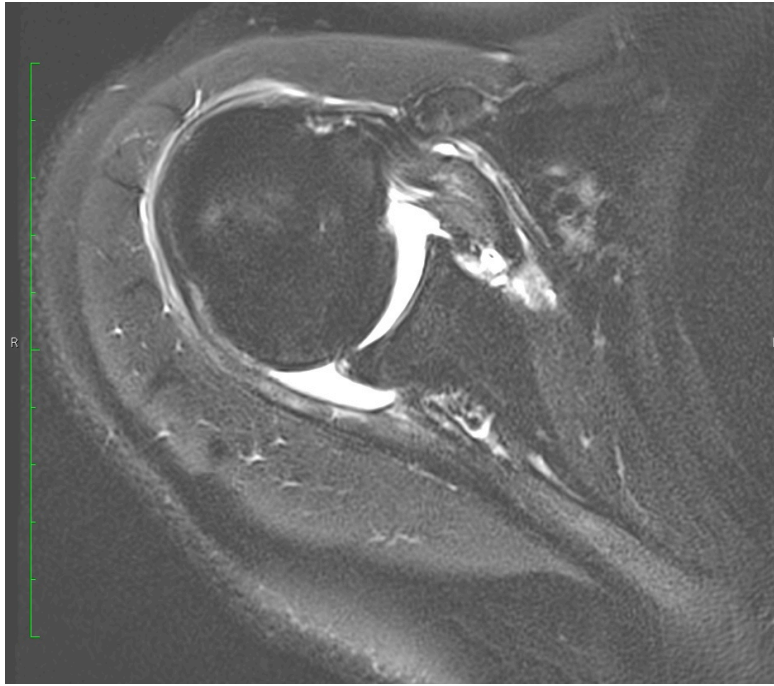
Uszkodzenia ścięgien pierścienia rotatorów są najczęstszą przyczyną bólów barku [26]. Artropatia jest końcowym etapem uszkodzenia barku na które składa się postępujące zmiany zwyrodnieniowe ścięgien i całego stawu [27]. Masywne uszkodzenie ścięgien pierścienia rotatorów prowadzi do utraty stabilizatorów statycznych (geometria powierzchni stawowych, obrąbek, torebka stawowa, więzadła i ścięgna) i dynamicznych stawu ramiennego oraz górnej migracji głowy kości ramiennej. Stopień migracji zależy od rozległości uszkodzenia RC, zaniku mięśni, integralności łuku barkowego oraz rozległości i kierunku destrukcji panewki [27]–[30]. Przy braku górnej części pierścienia rotatorów głowa kości ramiennej wchodzi w bezpośredni kontakt z wyrostkiem barkowym. Nieprawidłowa funkcja stawu prowadzi w końcowym efekcie do specyficznych zmian zwyrodnieniowych (ryc. 5-8) Dodatkowo stwierdza się niewydolność mięśnia naramiennego, która jest spowodowana postępującą migracją głowy, niestabilnością stawu oraz zmianą środka rotacji [31]. Charakterystyczne dla tego etapu w badań klinicznych są silne dolegliwości bólowe i znaczne ograniczenie zakresu ruchu barku wynikające ze zmian zwyrodnieniowych oraz nienaprawialnego uszkodzenia ścięgien pierścienia rotatorów. Niejednokrotnie w takim przypadku występuje tzw. pseudoporażenie barku, przy czym w miarę ustępowania silnych dolegliwości bólowych barku, problemem pacjenta jest brak czynnego ruchu zgięcia stawu ramiennego oraz bardzo często osłabienie lub brak czynnej rotacji zewnętrznej ( ryc. 9-10). Co istotne ruch bierny natomiast może zostać zachowany [11], [32].



Rycina 5 Obraz RTG artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów. widoczna utrata szpary stawowej, sklerotyzacja kości podchrzęstnej, osteofity głowy kości ramiennej, górna migracja głowy kości ramiennej świadcząca o uszkodzeniu RC. Materiał własny.



Rycina 6 Obraz MR artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów (projekcja AP). Widoczny płyn w stawie, brak chrząstki na powierzchniach stawowych, osteofity, zanik mięśni RC. Materiał własny.



Rycina 7 Obraz MR artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów ( projekcja horyzontalna). Widoczny płyn w stawie, brak chrząstki na powierzchniach stawowych, zanik mięśni RC. Materiał własny.



Rycina 8 Obraz MR artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów (projekcja strzałkowa). Widoczny zanik mięśni RC. Materiał własny.



Rycina 9 Pseudoporażenie barku. Materiał własny.



Rycina 10 Pseudoporażenie barku- zakres ruchu odwiedzenia. Materiał własny.

## 1.4 Odwrócona endoprotezoplastyka stawu ramiennego

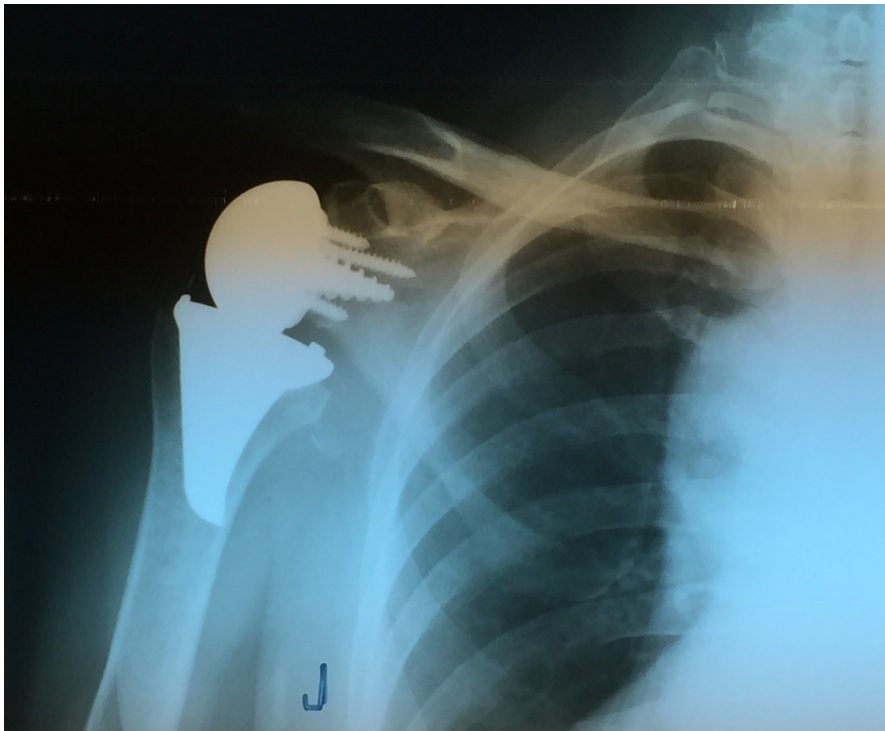
Leczenie pacjentów z artropatią w przebiegu uszkodzenia RC jest trudne [33]. Wielokrotnie w historii próbowano stworzyć implant, który pozwoliłby odzyskać biomechanikę stawu ramiennego pomimo uszkodzonych ścięgien pierścienia rotatorów. Według prof. Charlesa Neera zaprojektowanie funkcjonalnego implantu stanowiło wielkie wyzwanie dla chirurgów barku [34]. W latach 80tych powstała koncepcja tzw. protezy odwróconej (reverse shoulder arthroplasty), w której panewka stawowa zaopatrywana jest półkolisty implant (glenosfera), a głowa kości ramiennej w wklęsłą wkładkę. Pierwsze koncepcje odwróconej endoprotezoplastyki zaproponowane przez Profesora Neera jak również innych chirurgów (Liverpool, Kessel, Kolber, Avery) nie były odporne na siły mechaniczne wytwarzanych podczas podstawowych ruchów barku [35]–[38]. Dopiero konstrukcja profesora Grammont z 1985r pozwoliła na skuteczną poprawę funkcji barku. Swoje pierwsze wyniki opublikował na grupie 8 pacjentów w 1987 r. używając cementu do komponentu panewkowego i ramiennego [39]. Podczas kolejnego etapu autor zaprzestał używania cementu do fiksacji wszczepów oraz pracował nad ich dalszym rozwojem. W 1987 wprowadzono na rynek protezę Delta, która dzisiaj po wielu ewaluacjach znana jest pod nazwą Delta Xtend 2007 [40].

Konstrukcja Grammont opiera się na zasadzie „piłki w gnieździe” (ball in the socket) polega na użyciu stosunkowo dużego komponentu panewkowego w kształcie półkuli oraz mniejszego komponentu ramiennego w kształcie pucharu. Wskazać należy, że jej celem jest zmiana i ustabilizowanie środka obrotu stawu ramiennego. Pozwala to na zmniejszenie sił działających na implant jednocześnie zmniejszając ryzyko obłuzowania protezy. Powyższe rozwiązanie zapobiega również górnej migracji głowy kości ramiennej oraz pozwala na odzyskanie długości mięśnia naramiennego oraz jednocześnie jego funkcji [33], [41], [42].

W chwili obecnej dostępnych jest wiele różnych konstrukcji protezy odwróconej, niemniej jednak główne założenia i zasady działania pozostały te same (ryc. 11 -12)



Rycina 11 Implant Verso, IDO. Publikacja za zgodą prof. Ofer Levy [43].



Rycina 12 Projekcja RTG A-P barku endoprotezoplastyce odwróconej typu Verso, IDO. Materiał własny.



## **1.5 Propriocepcja**

### **1.5.1 Definicja**

Propriocepcją określa się zdolność czucia ułożenia i ruchu własnego ciała w przestrzeni oraz poszczególnych jego części względem siebie (od łac. proprius- własny; perceptio- postrzegać). Czucie proprioceptywne można określić jako czucie głębokie. Propriocepcja jest procesem aktywacji receptorów, przetwarzania bodźców mechanicznych na impulsy nerwowe oraz ich transmisję drogami aferentnymi do ośrodkowego układu nerwowego [5]. Sygnały czuciowe z wyspecjalizowanych receptorów zlokalizowanych w ścięgnach, mięśniach, więzadłach, torebkach stawowych. Propriocepcja jest częścią procesu kontroli równowagi, czucia ruchu stawu (kinestezja) i czucia pozycji stawu w ruchu czynnym i biernym.

### **1.5.2 Propriocepcja w układzie czuciowo – ruchowym**

Układ czuciowo- ruchowy określamy jako sprzężenie zwrotne, w którym sygnał czuciowy z receptorów, przesyłany jest drogami aferentnymi do ośrodkowego układu nerwowego. Po przetworzeniu sygnału jest on wysyłany do efektorów drogami eferentnymi, dając odpowiedź ruchową [44]. Poprawne działanie tego układu jest zależne nie tylko od prawidłowo działającego ośrodkowego układu nerwowego, mięśni, nerwów ale również od propriocepcji, która jest jego składową czuciową [45] [46]. Sygnał czuciowy przekazywany jest drogami aferentnymi do rdzenia kręgowego, pnia mózgu i kory mózgowej. Mózdzek i jądra podstawy odpowiadają za modyfikacje bodźców czuciowych przekazywanych z pnia mózgu i kory mózgowej do efektorów [5], [47]. Impuls nerwowy przekazywany jest drogami eferentnymi do efektorów (mięśni), generując odpowiedź ruchową. Interpretacja bodźców i rodzaju odpowiedzi zachodzi na odpowiednim poziomie ośrodkowego układu nerwowego.

Droga impulsu nerwowego od receptora poprzez włókna aferentne do komórek ruchowych rdzenia, a stamtąd poprzez włókna ruchowe do efektorów nazywana jest łukiem odruchowym. Wychodzące z mechanoreceptorów obwodowych włókna aferentne łączą się z rdzeniem kręgowym poprzez korzenie grzbietowe. Kończą się na motoneuronach alfa rogów przednich, na interneuronach lub drogach wstępujących. Łuk odruchowy można podzielić na dwa rodzaje: monosynaptyczny (kończący się na motoneuronach alfa rogów przednich) oraz polisynaptyczny (kończący się interneuronach,

łączy obwodowe włókna aferentne z motoneuronami). W przypadku układu gamma ten ostatni jest związany z dynamiczną kontrolą stabilizacji stawu [48].

Pień mózgu jest strukturą ośrodkowego układu nerwowego, którego funkcja związana jest między innymi z prawidłowym utrzymaniem równowagi [49], [50]. Odbiera on i przetwarza bodźce płynące z proprioceptorów, receptorów przedsionkowych oraz z ośrodków wzrokowych, przy czym integracja sygnałów odbywa się poza świadomością, podobnie jak w rdzeniu kręgowym.

Kora czuciowa odpowiada za integrację bodźca czuciowego, co pozwala na świadome czucie ruchu i pozycji stawu [44], [51]. Jest ona najwyższym piętrem ośrodkowego układu nerwowego. Kora czuciowa otrzymuje informacje proprioceptywne z receptorów obwodowych, mózdzku i jąder podstawy.

Konkludując stwierdzić należy, że mechanizm kontroli nerwowo- mięśniowej odpowiadający za stabilizację stawu zależny jest od prawidłowego funkcjonowania receptorów, ośrodkowego układu nerwowego oraz włókien nerwowych.

### **1.5.3 Anatomia i fizjologia**

#### **1.5.3.1 Proprioceptory**

Proprioceptory czyli wyspecjalizowane mechanoreceptory znajdują się w torebce, więzadłach, ścięgnach, mięśniach i skórze. Wykazują one dużą pobudliwość na bodźce mechaniczne, które przetwarzają na impulsy. Na podstawie badań histologicznych zidentyfikowano kilka typów mechanoreceptorów. Każdemu z nich przypisano zdolność rozpoznawania innego bodźca.

Ciałka Paciniego (ciałka blaszkowate):

- Budowa: nieosłonięty akson otoczony rozmieszczonymi koncentrycznie blaszkami i płynem,
- Rodzaj: szybko adaptujące się, wykrywające szybkie ruchy przyspieszenia i hamowania,
- Lokalizacja: torebka stawowa, więzadła,
- Funkcja: prawdopodobnie ochronna; sygnalizują osiągnięcie maksymalnej pozycji.

Zakończenia nerwowe Ruffiniego:

- Budowa: 2-6 otorebkowanych kulistych ciał z jednym głównym aksonem o średnicy 5-9  $\mu\text{m}$ ,

- Rodzaj: wolnoadaptujące,
- Lokalizacja: głęboko w skórze,
- Funkcja: sygnalizują pozycję stawu, jej zmiany, wielkość ciśnienia śródstawowego, amplitudę i prędkość kątową rotacji stawu.

Wolne zakończenia nerwowe:

- Budowa: sieciowato lub drzewkowato rozgałęzione włókna bezrdzenne,
- Rodzaj: przekazują bodźce bólowe,
- Funkcja: w końcowym zakresie ruchu.

Narządy Golgiego ( ciała buławkowate):

- Budowa: wiązka włókien ścięgowych zamknięta w torebce włóknistej,
- Rodzaj: działanie dwufazowe,
- Funkcja: informują o stanie napięcia mięśni i ścięgien w pełnym zakresie ruchu; biorą udział w dynamicznej kontroli stawu.

Receptory mięśniowe ( wrzecionka nerwowo- mięśniowe):

- Budowa: 2- 10 miocytów intrafuzalnych, ułożonych równolegle do miocytów ektrafuzalnych,
- Rodzaj: szybkoadaptujące, toniczne,
- Lokalizacja: wewnątrzmięśniowa,
- Funkcja: informują o rozciąganiu mięśnia bądź zmianie tego napięcia.

### 1.5.3.2 Ośrodkowy układ nerwowy

Analiza sygnałów z receptorów wzrokowych i przedsionkowych oraz z proprioceptorów odbywa się w rdzeniu kręgowym, pniu mózgu oraz korze mózgu.

Rdzeń kręgowy

Stanowi on najniższy poziom ośrodkowego układu nerwowego, a jego działanie jest pod kontrolą ośrodków pnia mózgu czy kory mózgu. Nadto w jego obrębie jest realizowana monosynaptyczna odpowiedź odruchowa. Rdzeń kręgowy tworzą pęczki włókien nerwowych przewodzące dwukierunkowo impulsy nerwowe. Drogami aferentnymi przesyłane są impulsy czuciowe

do wyższych pięter ośrodkowego układu nerwowego. Drogami eferentnymi przysyłane są impulsy ruchowe do mięśni. Rdzeń kręgowy zbudowany jest z istoty szarej i otaczającej

ją istoty białej. W istocie szarej wyróżnia się dwa obszary- róg przedni (ruchowy) i tylny (czuciowy). Włókna aferentne przewodzące bodźce czuciowe wnikają do istoty szarej przez rogi tylne. Część z nich kończy się na tym poziomie, natomiast pozostałe przewodzą impulsy do wyższych partii ośrodkowego układu nerwowego.

Neurony istoty szarej stanowią: komórki czuciowe rogów tylnych, motoneurony rogów przednich i interneurony. Motoneurony zlokalizowane w rogach przednich istoty szarej za pośrednictwem aksonów przewodzą impulsy z rdzenia kręgowego poprzez korzenie przednie i unerwiają włókna mięśni szkieletowych. Dzieli się je na dwa typy: alfa i gamma. Czynność motoneuronów alfa regulowana jest poprzez presynaptyczne i postsynaptyczne interneurony hamujące. Motoneurony stymulują one włókna mięśniowe poprzez duże włókna A-alfa. Motoneurony gamma stymulują natomiast małe włókna mięśniowe poprzez włókna A-gamma. Można przy tym wyróżnić dwa rodzaje motoneuronów gamma, mianowicie gamma-d, które kontrolują czułość dynamiczną receptorów wrzecionowych oraz gamma-s, które kontrolują czułość statyczną. Motoneurony gamma modulują impulsy z mechanoreceptorów okołostawowych oraz neuronów ruchowych pobudzanych z dróg piramidowych i siatkowordzeniowych. Kontrolują również napięcie mięśni okołostawowych i wpływają na stabilizację stawów.

Interneurony odpowiedzialne za regulację czynności motoneuronów, zlokalizowane są we wszystkich obszarach istoty szarej. Impulsy przewodzone z włókien aferentnych i pnia mózgu przenoszone są przez interneurony.

Rdzeń kręgowy integruje kontrolę ruchową poprzez odpowiednie odruchy. Przykładem odruchu rdzeniowego jest ochronna reakcja na bodziec bólowy. Rdzeń stanowi nieświadomą komponentę kontroli nerwowo-mięśniowej.

### Pień mózgu

Pień mózgu jest ośrodkiem integrującym impulsy czuciowe i ruchowe, składa się z śródmózgowia, mostu oraz rdzenia przedłużonego. Zlokalizowane są w tym miejscu jądra czuciowe i ruchowe modelujące sygnały z kory mózgu. Główną rolą pnia mózgu jest koordynacja funkcji mięśni szkieletowych oraz integracja sygnałów z informacją przedsionkową i wzrokową. Pień mózgu częściowo odpowiada za utrzymanie równowagi i kontrolowaniu ruchów ciała. Podobnie jak w przypadku rdzenia kręgowego, kontrola ruchu nadzorowana przez pień jest nieświadoma.

## Mózdzek

Mózdzek koordynuje działanie kory ruchowej i jąder podstawy. Odpowiada on za kontrolę wykonania płynnych i skoordynowanych ruchów. Mózdzek łączy zaprogramowaną w korze ruchowej czynność mięśni ze stale odbieranymi impulsami czuciowymi ze stawów, mięśni, ścięgien. Dzięki zdolności wzmacniania lub hamowania sygnałów sterujących, może on automatycznie korygować zaplanowaną aktywność.

## Jądra podstawy

Jądra podstawy łączą korę mózgu i rdzeń kręgowy poprzez włókna czuciowe i ruchowe. Stanowią one dodatkowy system kontrolujący ruch, modulujący sygnały z kory mózgowej i układu piramidowego. Anatomicznie jądra podstawy są skupiskami istoty szarej w obrębie istoty białej półkuli mózgu. Składają się one z ciała prążkowanego, gałki bladej, istoty czarnej oraz jądra niskowzgorza. Podstawową ich funkcją jest kontrola nad złożonymi wzorcami ruchowymi oraz inicjowanie stałych i powtarzalnych ruchów.

## Kora mózgowa

Kora mózgowa zbudowana jest z dwóch półkul połączonych spoidłem wielkim. Jest ona najwyższym piętrzem układu nerwowego. Kora mózgowa składa się z kory ruchowej (do przodu od bruzdy centralnej) oraz czuciowej (do tyłu od bruzdy centralnej). Do kory czuciowej docierają impulsy czuciowe z receptorów obwodowych. Natomiast kora ruchowa generuje sygnały, które przesyłane są przez niższe piętra ośrodkowego układu nerwowego do efektorów. Sygnał z kory ruchowej może docierać bezpośrednio drogami korowo-rdzeniowymi do rdzenia kręgowego. Przesyłanie sygnału powoduje stałą aktywację: mózdzku, jąder podstawy, pnia mózgu oraz rdzenia kręgowego [44], [45], [50]. Kora czuciowo-ruchowa stanowi świadomą komponentę czucia pozycji i ruchu. Odpowiedzialna jest ona szczególnie za kontrolę ruchów precyzyjnych, integrację ośrodkową dla ruchów nieświadomych oraz specjalnych zadań ruchowych.

## 2. Założenia pracy

Prawidłowa funkcja barku w pierwszej kolejności opiera się na zachowanej stabilności stawu, prawidłowej kongruencji oraz sprawnej czynności mięśni. Zakres ruchu barku pozwala na ułożenie ramienia w niemal dowolnej pozycji w przestrzeni względem ciała. Umożliwia to stosunkowo mała panewka oraz duża kulista głowa. Ruch barku generowany jest przez mięśnie. Za ruch ramienia odpowiadają głównie mięśnie łopatkowo-ramienne (mięsień naramienny, mięśnie pierścienia rotatorów). Ważną funkcję mają również mięśnie stabilizujące łopatkę (mięsień czworoboczny, mięśnie równoległoboczne, mięsień dźwigacz łopatki oraz mięsień zębaty przedni). Kontrolę nad mięśniami stanowi układ nerwowy poprzez odpowiednie odruchy nerwowe sterowane na poziomie rdzenia kręgowego, pnia mózgu oraz centralnego układu nerwowego [1], [2], [51], [52]. W obrębie stawu ramiennego zlokalizowane są mechanoreceptory, które są źródłem informacji o stawie (jego pozycji oraz ruchu) [1], [2], [51], [52]. Informacja zwrotna z układu nerwowego realizowana jest poprzez funkcję mięśni. Wspecjalizowana funkcja czuciowa w układzie ruchu została zdefiniowana jako propriocepcja. Jej komponentami są czucie ruchu stawu i czucie pozycji stawu w ruchu czynnym i biernym [1], [2], [51], [52]. Badanie propriocepcji może odbywać się poprzez badanie czucia pozycji stawu w ruchu czynnym, ruchu biernym oraz poprzez czucie ruchu stawu (kinestezja) wyrażane w stopniach [°]. Najczęściej badanym elementem propriocepcji jest badanie czucia pozycji stawu przedstawiane w postaci błędu odtworzenia pozycji stawu [1], [2].

Uszkodzenia stawu ramiennego o charakterze artropatii ścięgien pierścienia rotatorów oraz zmian zwyrodnieniowych mogą powodować dolegliwości bólowe oraz utratę funkcji. Operacja odwróconej endoprotezoplastyki może przywrócić funkcję barku dzięki swojej specyficznej konstrukcji, która wykorzystuje pracę mięśnia naramiennego. Należy jednak zaznaczyć iż sama operacja obejmuje usunięcie torebki stawowej oraz naruszenie ścięgien RC i ciągłości mięśnia naramiennego. Tkanki te są źródłem proprioceptorów dlatego w istotny sposób mogą zaburzyć czucie pozycji stawu czyli propriocepcję [53]. W ocenie klinicznej uszkodzenia stawu ramiennego rolę pomocniczą mają specyficzne kwestionariusze funkcjonalne, które umożliwiają ocenę stanu klinicznego oraz pośrednio wyników leczenia jak na przykład skale ADLER, ADLIER, Constant [54], [55].

### **3. Hipotezy**

1. Czucie pozycji stawu ramiennego jest zaburzone po operacji odwróconej endoprotezoplastyki.
2. Istnieje korelacja pomiędzy czuciem pozycji stawu po operacji odwróconej endoprotezoplastyki oraz parametrami biomechanicznymi i klinicznym.

### **4. Cele pracy**

1. Ocena czucia pozycji stawu ramiennego u pacjentów po operacji odwróconej endoprotezoplastyki stawu ramiennego.
2. Korelacja czucia pozycji stawu ramiennego z wybranymi parametrami biomechanicznymi i klinicznymi u pacjentów po operacji odwróconej endoprotezoplastyki.

### **5. Materiał**

Materiał obejmował dwie grupy badawcze: pacjentów po operacji endoprotezoplastyki odwróconej (grupa RSA) oraz kontrolną- osób z prawidłową funkcją barku.

#### **5.1 Grupa RSA:**

Grupa składała się z 29 pacjentów z rozpoznanymi zmianami zwyrodnieniowymi stawu ramiennego leczonych za pomocą odwróconej endoprotezoplastyki (TRSA) spełniających specyficzne kryteria (tab. 1-2). W grupie tej było 19 kobiet i 10 mężczyzn. Średnia wieku wynosiła 74 (61- 85, SD=7,2). Pacjenci operowani byli w latach 2006- 2013.

Tabela 1 Kryteria włączenia do grupy RSA.

Kryteria włączenia
Pacjenci po jednostronnej operacji odwróconej endoprotezoplastyki stawu ramiennego w przebiegu zmian zwyrodnieniowych stawu ramiennego z uszkodzeniem ścięgien pierścienia rotatorów
Ogólny stan zdrowia oraz zakresu ruchu obu barków pozwalający na przeprowadzenie badania propriocepcji i siły
Dostępność danych charakteryzujących aktualny stan kliniczny (kwestionariusz oceny, karta badania klinicznego)
Dostępność danych śródoperacyjnych (opis zabiegu operacyjnego)
Minimum 12 miesięcy obserwacji po operacji endoprotezoplastyki stawu ramiennego
Pisemna zgoda na udział w badaniu oraz zgłoszenie się i poddanie badaniu kontrolnemu

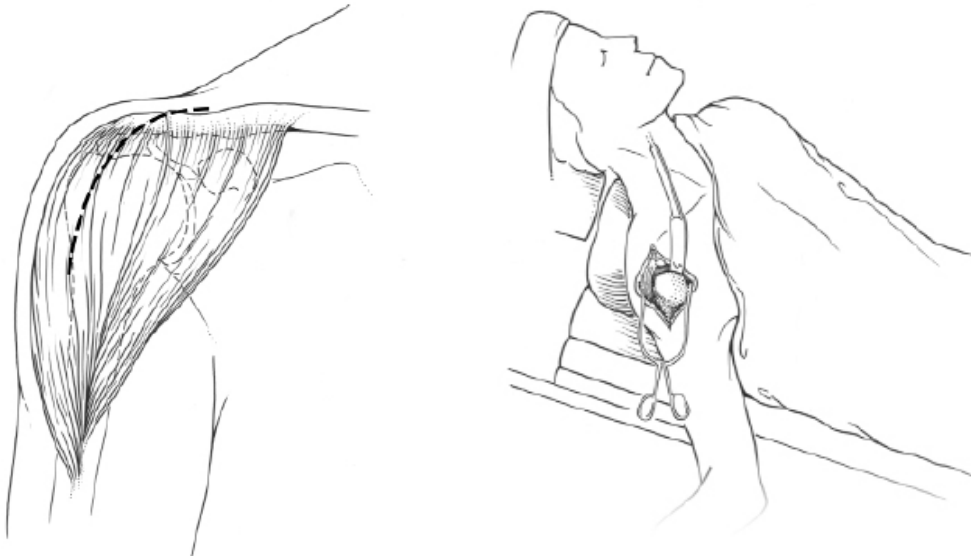
Tabela 2 Kryteria wyłączenia z grupy RSA.

Kryteria wyłączenia
Współistniejące inne uszkodzenia w obrębie barku operowanego i/lub przeciwnego (np. złamania, uszkodzenia nerwów) uniemożliwiające przeprowadzanie badania klinicznego oraz biomechanicznego
Przebyte operacje barku przeciwnego
Bólowe ograniczenie zakresu ruchu uniemożliwiające badanie

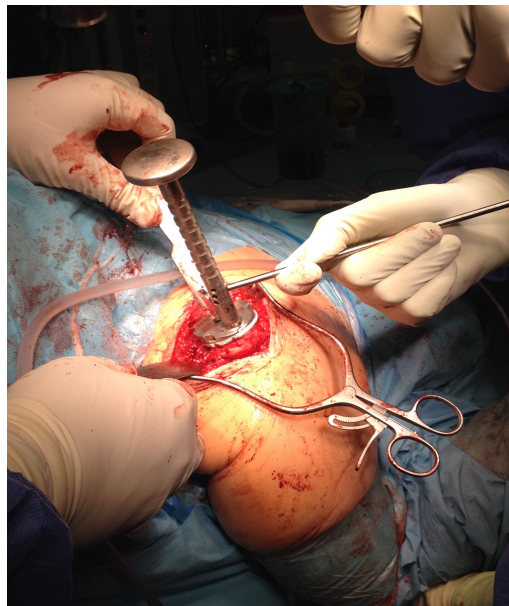
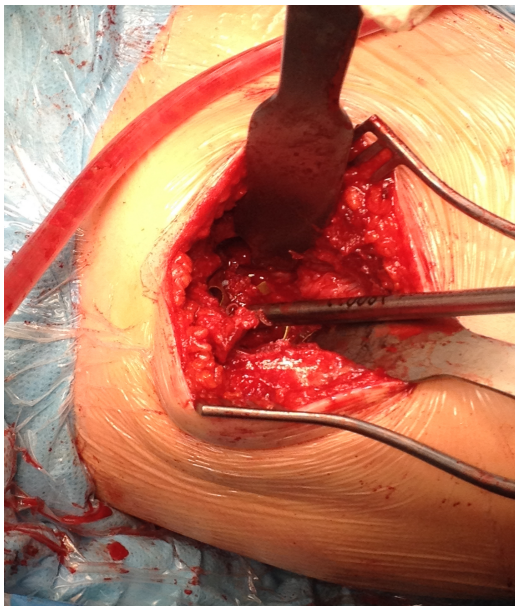
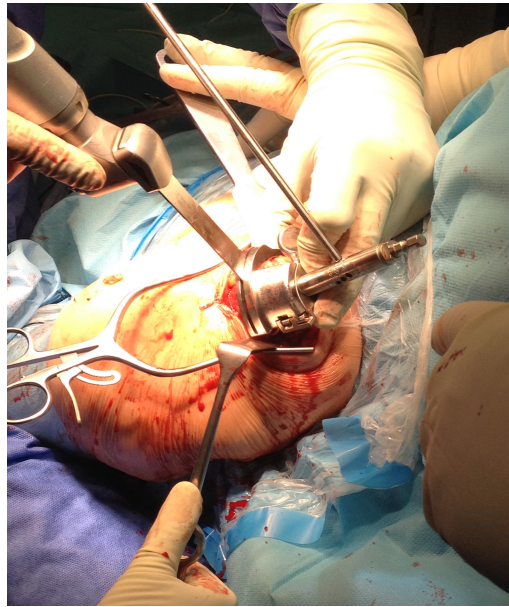
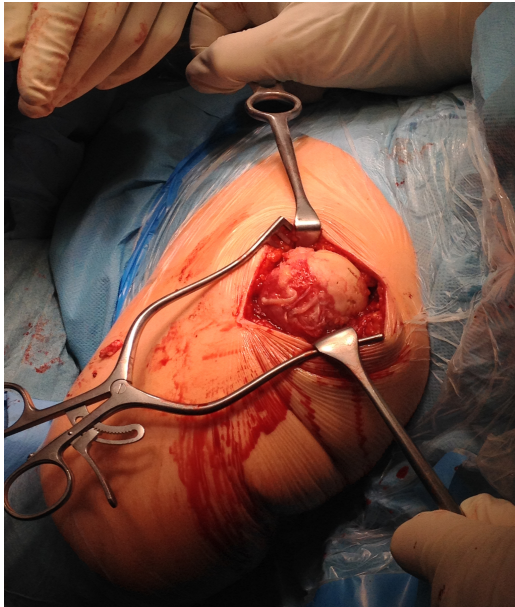


Pacjenci zakwalifikowani do badania przebyli operację odwróconej endoprotezoplastyki typu Verso (IDO, Wielka Brytania). We wszystkich przypadkach zostało wykonane dojskie przednio-górne z resekcją stawu barkowo- obojczykowego wg Neviaseera-MacKenziego (ryc. 13-14). Pacjenci zoperowani byli przez jednego operatora. U 25 pacjentów rozpoznano artropatie zwyrodnieniową ścięgien pierścienia rotatorów, w 1 przypadku– reumatoidalne zmiany zwyrodnieniowe oraz u 3 pacjentów zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego z nienaprawialnym uszkodzeniem ścięgien RC. U 9 pacjentów założenie odwróconej endoprotezoplastyki było kolejnym etapem leczenia z powodu nieprawidłowej funkcji połowicznej endoprotezy. U pozostałych pacjentów była to operacja pierwotna. U wszystkich pacjentów stwierdzono prawidłową funkcję mięśnia naramiennego.

Verso, Ido jest odwróconą endoprotezą beztrzępieniową i bezcementową. U 25 pacjentów założona została część panewkowa o wymiarze 36mm, a w 4 przypadkach o wymiarze 41 mm. Technika operacyjna zakłada próbę zbliżenia ścięgien RC: w 6 przypadkach uszkodzenie RC było nienaprawialne, w 20 wykonano zbliżenie ścięgna mięśnia podłopatkowego oraz mięśnia obłego mniejszego, w 3 przypadkach wykonano reinsertację RC. U 28 pacjentów stwierdzono stabilność endoprotezy po założeniu u 1 pacjenta stwierdzono niewielką niestabilność implantu, która nie wymagała reoperacji. U wszystkich pacjentów usunięto torebkę stawową oraz zeszyto mięsień naramienny. Po operacji stosowano unieruchomienie barku w orzezie w pozycji pośredniej oraz ćwiczenia palców, nadgarstka i łokcia przez okres 3 tygodni. Wszyscy pacjenci przeszli standardowy protokół rehabilitacyjny rozpoczynając czynne ćwiczenia barku po 3 tygodniach od operacji.



Rycina 13 Schemat dostępu wg Neviasera-MacKenziego. Ułożenie pacjenta w trakcie operacji. Ryciny wykorzystane za zgodą prof. Ofer Levy.



Rycina 14 Zdjęcia śródoperacyjne z poszczególnych etapów endoprotezoplastyki VERSO (dostęp operacyjny, resekcja głowy kości ramiennej, opracowanie panewki, implantacja elementu ramiennego). Materiał własny.

## 5.2 Grupa kontrolna:

Grupę stanowiło 27 zdrowych wolontariuszy, rekrutowanych na podstawie specyficznych kryteriów (tab. 3-4). Badani byli w wieku od 21 do 29, średnia wieku wynosiła 24,2, w tym 10 kobiet i 17 mężczyzn. W wywiadzie nie zgłaszali urazu oraz przewlekłych dolegliwości barku. W badaniu przedmiotowym oraz podmiotowym obu barków nie zostały stwierdzone odchylenia od prawidłowego stanu klinicznego.

Tabela 3 Kryteria włączenia do grupy kontrolnej.

Kryteria włączenia:
Wiek między 20 a 40 lat
Nieuprawiający sportów rzucających
Prawidłowa funkcja barku – pełen zakres ruchu
Bez zaburzeń neurologicznych w badaniu i w wywiadzie
Bez odchyień w przeprowadzonym badaniu klinicznym
Pisemna zgoda na udział w badaniu

Tabela 4 Kryteria wyłączenia z grupy kontrolnej.

Kryteria wyłączenia
Choroby kończyn górnych w badaniu podmiotowym i przedmiotowym
Uszkodzenia urazowe kończyn górnych w badaniu podmiotowym i przedmiotowym

## **6. Metodyka**

U pacjentów z grupy RSA przeprowadziłam kompleksową ocenę kliniczną oraz biomechaniczną. Przed rozpoczęciem oceny biomechanicznej wykonywałam badanie kliniczne u każdego pacjenta. Badanie propriocepcji obu barków (badanie czucia pozycji stawu) wykonywałam po kontroli zakresu ruchu (ROM) przed badaniem siły mięśniowej. Następnie wykonałam szczegółową analizę dokumentacji klinicznej przedoperacyjnej i zebranych danych śródoperacyjnych. Szczegółowy zapis sposobu przeprowadzenia oceny opisałam poniżej.

W grupie kontrolnej zostało wykonane badanie propriocepcji (badanie czucia pozycji stawu) obu barków.

### **6.1 Ocena pacjentów po operacji endoprotezoplastyki stawu ramiennego**

Kompleksowa ocena kliniczna składała się z analizy dokumentacji medycznej oraz badania klinicznego w oparciu o przyjęte skale oceny. Badanie czucia pozycji stawu ramiennego w okresie przedoperacyjnym nie zostało wykonane z powodu znacznego ograniczenia zakresu ruchu barku oraz silnych dolegliwości bólowych spowodowanych uszkodzeniem pierścienia rotatorów oraz zmianami zwyrodnieniowymi.

Ocena pooperacyjna obejmowała:

- ocenę kliniczną: skale Constant, ADLER i ADLIER oraz badanie zakresu ruchu
- badanie siły,
- badanie propriocepcji.

#### **6.1.1 Ocena kliniczna**

Pooperacyjna ocena kliniczna polegała na wypełnieniu przez pacjenta oraz lekarza przyjętych kwestionariuszy (skale: Constant, ADLER, ADLIER). Wybrane systemy oceny są jednymi z częściej opisywanych w literaturze przy badaniu pacjenta ze schorzeniem barku [54]–[56]. Pozwalają one na obiektywizację stanu klinicznego i służą ocenie wyników leczenia. Zastosowane kwestionariusze są tzw. systemami oceny specyficznymi dla barku. W odróżnieniu od kwestionariuszy ogólnego stanu zdrowia, skale specyficzne dla stawu są bardziej czułe na zmiany stanu zdrowia spowodowane schorzeniem tego stawu. Skala Constant jest rekomendowana przez Europejskie Towarzystwo Chirurgów Barku i Łokcia. Składa się ona

z czterech zmiennych oceniających funkcję stawu ramiennego [12], [56]. Barki prawy i lewy oceniane są osobno. Subiektywne zmienne to ból oraz aktywności życia codziennego (Activity of Daily Living- ADL): sen, praca, rekreacja, sport. Wynik powstaje po zsumowaniu pozytywnej liczby punktów, maksymalnie to 35 punktów. Obiektywne zmienne to zakres ruchu i siła izometryczna stawu ramiennego dające maksymalny wynik 65 punktów. Wynik może być dostosowany do wieku i płci badanej osoby. Pełna wersja kwestionariusza znajduje się w załączeniu ( Aneks 1).

Kwestionariusz ADLER (Activities of Daily Living Requiring External Rotation) pozwala na subiektywną ocenę aktywności życia codziennego pacjentów za pomocą 10 pytań dotyczących czynności związanych z wykonywaniem rotacji zewnętrznej. Pytania dotyczą czynności takich jak np. czesanie, sięganie do ust czy pisanie. Odpowiadając na pytania pacjent ma do wyboru trzy punktowane odpowiedzi, w których określa, czy dana czynność jest łatwa (3), trudna (2), bardzo trudna (1) do wykonania czy też niemożliwa (0). Maksymalna liczba punktów wynosi 30 [11]. W trakcie pracy z formularzem dodano 2 pytania o rotację wewnętrzną tworząc formularz pozwalający na subiektywną ocenę czynności życia codziennego, w których istotna jest rotacja zewnętrzna (j.w) i wewnętrzna jak np. higiena osobista [57], [58]. Kwestionariusz ADLIER (Activities of Daily Living Requiring Internal and External Rotation) zawiera 12 pytań. Maksymalna ilość punktów wynosi 36. Pełna wersja kwestionariusza znajduje się w załączeniu ( Aneks 2,3).

#### Badanie zakresu ruchu w stawie ramiennym

Badanie ruchu zgięcia, odwiedzenia oraz rotacji wykonane było w pozycji stojącej pacjenta, a rotacji zewnętrznej przy ustawieniu barku w pozycji pośredniej i zgięciu w stawie łokciowym 90 stopni. Wykonano również dokumentację multimedialną badania zakresu ruchu.

Analiza historii choroby i księgi operacyjnej obejmowała rozpoznanie śródoperacyjne, przebieg operacji (operator, dostęp operacyjny, opis użytego implantu: rozmiar implantów; opis uszkodzenia panewki i głowy kości ramiennej, rozległość uszkodzenia ścięgien pierścienia rotatorów- możliwość ich naprawy, ocenę mięśnia naramiennego). Analiza była wykonana celem potwierdzenia jednakowej techniki operacyjnej.

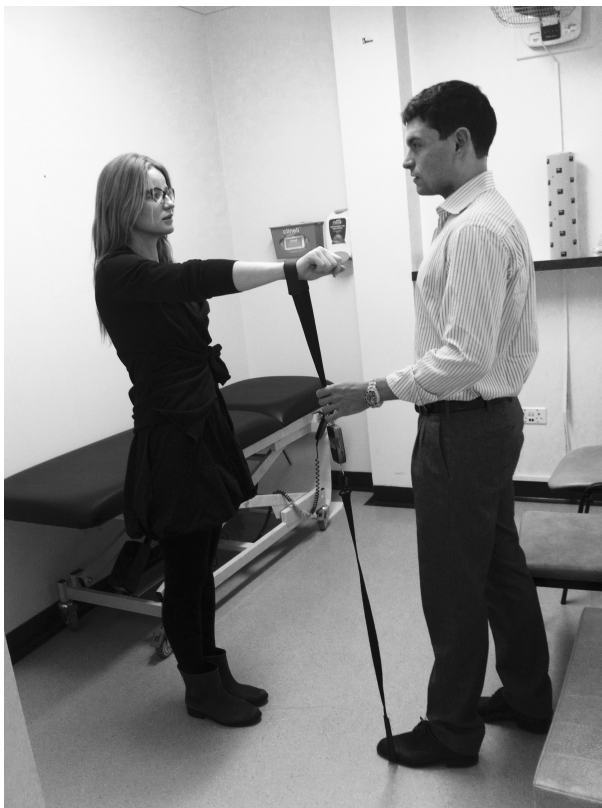
### 6.1.2 Badanie siły mięśniowej za pomocą dynamometru elektronicznego

Badanie polegało na pomiarze izometrycznego obciążenia barku. Każdorazowo pacjent po operacji TRSA miał wykonany pomiar siły izometrycznej zgięcia, odwiedzenia, rotacji zewnętrznej i wewnętrznej obu stawów ramiennych. Badanie wykonano przy użyciu urządzenia Ido, Wielka Brytania (ryc. 15- 17).

Dynamometr jest elektronicznym miernikiem przeznaczonym do pomiaru możliwego obciążenia mięśnia lub grupy mięśniowej. Metodyka badania izometrycznej siły stawu ramiennego z użyciem dynamometru elektronicznego została opisana we wcześniejszych pracach Naszego zespołu [25]. U każdego pacjenta wykonałam pomiar siły izometrycznej obu barków. Oceniona została maksymalna siła obciążenia ramienia w jednostce masy - kilogram [kG]. Badanie zostało przeprowadzone w gabinecie, w którym zapewniono odpowiednie warunki do koncentracji. Zadaniem pacjenta było osiągnięcie oraz utrzymanie maksymalnej siły skurczu w zadanym kierunku ruchu w czasie 3 sekund określonym automatycznie przez siłomierz. Na tej podstawie zapisywana była średnia wartość obciążenia. Pas siłomierza izometrycznego został umieszczony na przedramieniu ( 2 cm proksymalnie od wyrostka rylcowatego kości łokciowej) pacjenta w zależności od badanego kierunku ruchu. Pacjent przed rozpoczęciem badania został poinstruowany, jak obsługiwać urządzenie i jaki jest jego cel. Badanie siły izometrycznej każdorazowo rozpoczynało się od zademonstrowania poprzez ustawienie barku pacjenta w odpowiedniej pozycji. Badanie odbywało się w pozycji stojącej. Siła barku dla zgięcia badana była w zgięciu do przodu 90 stopni (ryc. 16), a dla odwiedzenia- w odwiedzeniu 90 stopni i przy wyproście w stawie łokciowym (ryc. 17). Rotacja wewnętrzna oraz zewnętrzna stawu ramiennego była mierzona w pozycji pośredniej stawu ramiennego oraz w zgięciu stawu łokciowego do 90 stopni i przedramieniu ustawionym w pozycji pośredniej (ryc. 15 ). Końcowy raport jednego badania zawierał wyniki opierające się na 4 pomiarach.



Rycina 15 Badanie siły izometrycznej w rotacji zewnętrznej. Materiał własny.



Rycina 16 Badanie siły izometrycznej zgięcia. Materiał własny.





Rycina 17 Badanie siły izometrycznej odwiedzenia. Materiał własny

### 6.1.3 Badanie czucia pozycji stawu ramiennego za pomocą goniometru elektronicznego

Ocenę propriocepcji stawu ramiennego wykonałam poprzez badanie czucia pozycji obu stawów ramiennych. Każdorazowo wykonałam pomiar błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu (Error of Active Reproduction of Joint Position – EARJP) ramiennego w zgięciu, odwiedzeniu oraz rotacji wewnętrznej i zewnętrznej za pomocą goniometru elektronicznego (Propriometr). Badanie propriocepcji wykonałam zgodnie z zasadą biernej wspomaganą prezentacji wzorca oraz czynnego odtworzenia zadanej pozycji stawu (Active Reproduction of Joint Position – ARJP). Wartość bezwzględna czynnego błędu odtworzenia pozycji stawu (EARJP) wynikała z różnicy między wartością kąta zadanego i kąta odtworzonego.

Zastosowane zostało urządzenie Propriometr, które wykorzystuje do działania pole magnetyczne ziemi (Progres, Ostrów Wielkopolski) i umożliwia pomiar zakresu ruchu stawu oraz odczyt jego pozycji w przestrzeni w trybie rzeczywistym z dokładnością  $0,1^{\circ}$  we wszystkich osiach. Zestaw pomiarowy składa się z bezprzewodowego czujnika „Panel X”, modułu łączącego czujnik z komputerem „Panel PC”, pilota oraz komputera klasy PC. Sprzężenie układu pomiarowego z komputerem klasy PC pozwoliło na archiwizację wyników w bazie

programu w trakcie badania. Urządzenie posiada znak CE i spełnia normy bezpieczeństwa wymagane dla urządzeń medycznych [59].

Badanie odtworzenia danej pozycji stawu u pacjenta jak i w grupie kontrolnej było wykonane trzykrotnie, a ostateczny wyniki stanowiła średnia uzyskana z tych trzech badań. Metodyka badania propriocepcji stawu ramiennego z użyciem goniometru elektrycznego (Propriometr) oraz specyfikacja urządzenia stosowana w Klinice Chirurgii Ręki została opisana już we wcześniejszych pracach Naszego zespołu [1], [2], [25], [60], [61] oraz potwierdzona została jej wiarygodność [62].

Badanie propriocepcji wykonywano w gabinecie lekarskim zapewniającym komfort i pozwalającym wyeliminować wpływ czynników zewnętrznych, takich jak hałas czy ruch otoczenia. Przed rozpoczęciem pomiarów, badani pacjenci jak i wolontariusze wykonywali standardowe ćwiczenia rozgrzewające mięśni obręczy barkowej. Badanym umożliwiono praktyczne zapoznanie się z procedurą badania i trening z urządzeniem przed rozpoczęciem pomiarów. Podczas badania oczy badanych zostały osłonięte za pomocą ciemnej opaski celem wyeliminowania sygnałów z receptorów wzorkowych.

Badanie błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu ramiennego u pacjentów po RSA oraz u zdrowych wolontariuszy przeprowadzono zgodnie z poniżej opisanym schematem. Zadaniem badanego było możliwie najlepiej odtworzyć zademonstrowaną wcześniej pozycję ramienia. Badanie rozpoczynano od ustawienia stawu ramiennego badanego poprzez ruch czynny wspomagany do odpowiedniej pozycji odniesienia. Zadana pozycja (lub kąt odniesienia) kończyny musiała zostać utrzymana czynnie przez badanego. Równocześnie musiał on ją zapamiętać, zatwierdzić i zarejestrować poprzez naciśnięcie przycisku na pilocie trzymanym w drugiej ręce. W tym momencie urządzenie (i komputer) rejestrowały kąt odchylenia pozycji odniesienia. Następnie pacjent powracał badanym ramieniem do pozycji pośredniej. Zadaniem badanego było jak najdokładniejsze czynne odtworzenie zademonstrowanej pozycji. W momencie uzyskania odtworzonej pozycji badany naciskał raz jeszcze przycisk na pilocie celem zatwierdzenia i rejestracji kąta odtworzenia. Wyniki kątów odniesienia i odtworzenia zostawały zarejestrowane i zachowane w bazie danych.

EARJP dla zgięcia i odwiedzenia badane było w pozycji siedzącej, panel był umieszczony na ramieniu pacjenta. Ruch zginania badałam w płaszczyźnie strzałkowej podczas gdy ruch odwiedzenia w płaszczyźnie łopatki (ryc. 18). Badanie rozpoczynało się zawsze w pozycji neutralnej ramienia. Rotacja zewnętrzna i wewnętrzna testowana była w pozycji leżącej

z panelem umieszczonym na grzbietowej powierzchni przedramienia. Ramię pacjenta było ustawione w odwiedzeniu 90 stopni jako pozycja startowa (ryc. 19).

Pomiar błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu zarejestrowano w czterech kierunkach ruchu stawu ramiennego i we wcześniej ustalonych kątach: 30, 60, 90 i 120 stopni dla zgięcia i odwiedzenia oraz 15, 30, 45 i 60 stopni dla rotacji zewnętrznej i wewnętrznej. Zarówno w grupie badanej jak i kontrolnej pomiar EARJP wykonano dla obu stawów ramiennych. Próba składająca się z demonstracji pozycji ruchu i jej odtworzenia została przeprowadzona w trakcie każdego badania. W trakcie badania zastosowano schemat kolejności badania: zgięcie, odwiedzenie, rotacja zewnętrzna, rotacja wewnętrzna. Zastosowano również progresję kąta w każdej serii ( w kierunku rosnącym), co miało na celu ograniczenie zjawiska uczenia się pozycji wzorcowej. Wynik końcowy EARJP został wyliczony jako wartość bezwzględna różnicy między kątem zadany (odniesienia), a kątem odtworzonym. Badanie propriocepcji wykonane było przed badaniem siły stawu ramiennego.

Porównano wyniki barku w grupie RSA (barku operowanego- BO, barku przeciwnego pacjenta BP) oraz barku grupy kontrolnej (GK). Wyniki grupy kontrolnej barku dominującego i niedominującego połączono, ze względu na brak różnic pomiędzy barkiem dominującym i niedominującym w mojej pracy oraz wcześniejszych pracach Naszego zespołu [1], [25], [59].



Rycina 18 Pozycja pacjenta w trakcie badania EARJP zgięcia. Materiał własny.



Rycina 19 Badanie EARJP w rotacji zewnętrznej. Materiał własny.

## **6.2 Analiza statystyczna**

Otrzymane wyniki poddałam analizie statystycznej przy pomocy programu StatPlus v. 6 (AnalystSoft, 2016) oraz Excel 2011 Microsoft. Metody i odpowiednie testy dobrano zgodnie z charakterem rozkładu wyników. Wykonano ocenę normalności rozkładu poszczególnych wyników przy pomocy testu Shapiro-Wilk. Do porównania wyników i oceny statystycznej istotności użyto testów Manna-Whitneya i analizy wariancji (Kruskal-Wallis). Wykonałam także ocenę korelacji wyników z wykorzystaniem testu Spearmana.

Cechy ilościowe zostały opisane statystykami podstawowymi przy użyciu średniej i odchylenia standardowego (SD).

Dla analiz przyjąłm jako istotny statystycznie poziom p poniżej wartości 0,05.

## **6.3 Komisja bioetyczna**

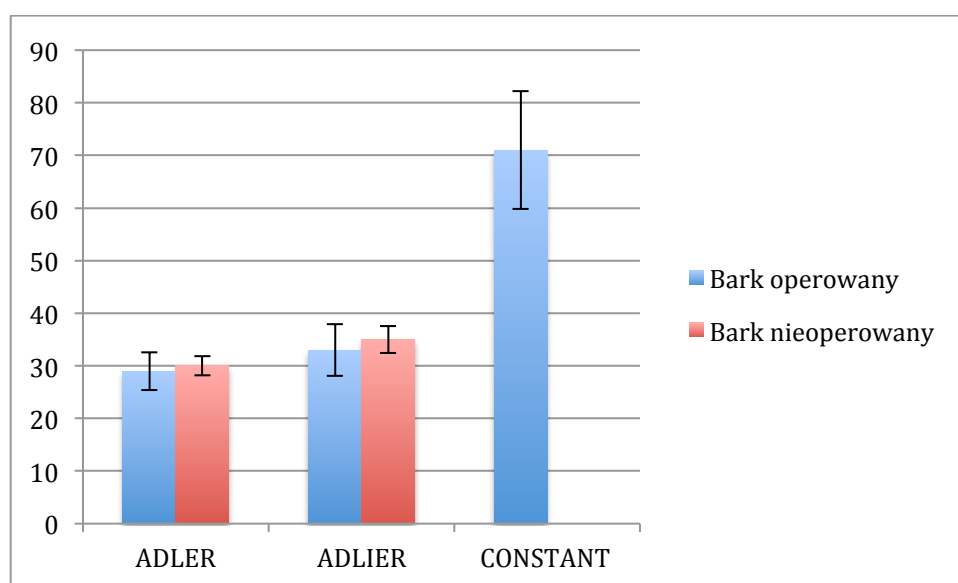
Wszyscy uczestnicy zostali poinformowani o celu i zakresie badań oraz wyrazili pisemną zgodę na wykonanie badań. Uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej numer 62/15 z dnia 08.01.2015 oraz 796/16 z dnia 16.06.2016. Urządzenie Propriometr spełnia normy bezpieczeństwa wymagane dla urządzeń medycznych.

## 7. Wyniki

### 7.1 Ocena kliniczna po endoprotezoplastyce odwróconej stawu ramiennego

#### 7.1.1 Wyniki funkcjonalne

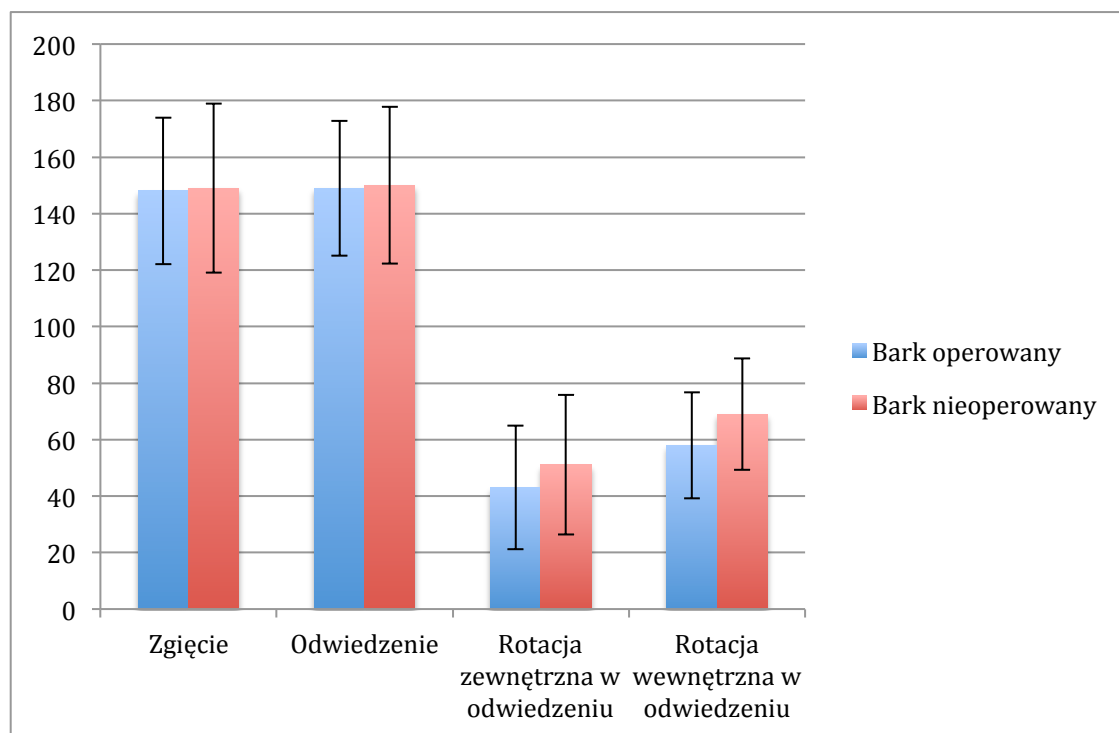
Szczegółowe wyniki funkcjonalne na podstawie skal ADLER, ADLIER i Constanta zwiera rycina 20. Stan funkcjonalny obu barków w grupie RSA był podobny wg skal ADLER i ADLIER (ryc. 20).



Rycina 20 Porównanie otrzymanej punktacji poszczególnych skali oceny barku operowanego i nie operowanego w grupie RSA (ADLER - Activities of Daily Living Requiring External Rotation; ADLIER - Activities of Daily Living Requiring Internal and External Rotation )

### 7.1.2 Wyniki zakresu ruchu barku

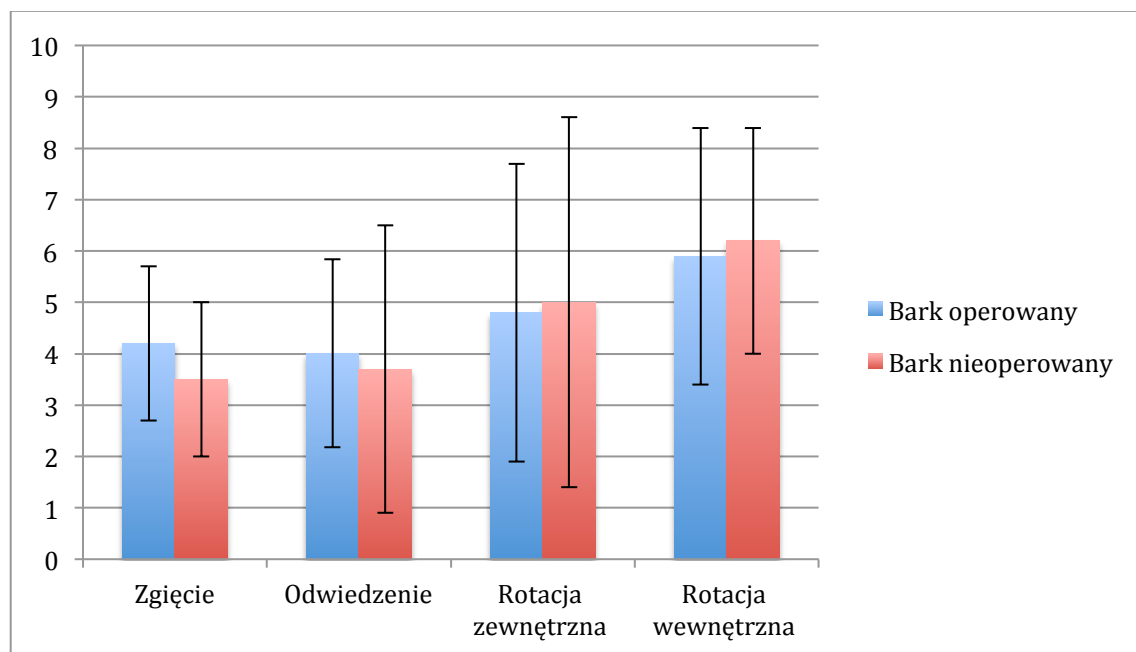
Szczegółowe wyniki zakresu ruchu stawu ramiennego w grupie RSA: zgięcie, odwiedzenie, rotacja wewnętrzna oraz rotacja zewnętrzna zawiera rycina 21. Zakresy ruchu zgięcia, odwiedzenia oraz rotacji wewnętrznej były zbliżone w obu barkach w badaniu pooperacyjnym. Rotacja wewnętrzna była istotnie mniejsza dla barku operowanego w porównaniu z barkiem przeciwnym ( $p < 0,05$ ).



Rycina 21 Wyniki pomiaru zakresu ruchu czynnego barków w badaniu kontrolnym w grupie RSA.

### 7.1.3 Wyniki oceny siły

Szczegółowe wyniki siły barku zwiera rycina 22. Przed zabiegiem operacyjnym dolegliwości i ograniczenia funkcjonalne (m.in. znaczne osłabienie siły w badaniu manualnym) nie pozwoliły na ocenę siły. Poprawa funkcji ruchowej barku pozwoliła na wykonanie pomiaru. W ocenie pooperacyjnej siła obu barków w grupie RSA była zbliżona (bez istotnych statystycznie różnic).



Rycina 22 Wyniki siły barku mierzone za pomocą dynamometru izometrycznego [kg] u pacjentów z grupy RSA w barku operowanym i nieoperowanym.



## **7.2 Ocena propriocepcji stawu ramiennego**

### **7.2.1 Wyniki błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu (EARJP) w poszczególnych grupach**

Szczegółowe wyniki EARJP oraz porównania między grupami zawiera tabela 5 .

Analiza statystyczna wykazała istotnie lepszą propriocepcję (mniejszy błąd odtworzenia pozycji stawu), dla barku operowanego w stosunku do nieoperowanego (w pozycjach zgięcia: 30°, 90°, 120°; odwiedzenia: 30°, 90°, 120°; IR: 15°, 30°, 45°; ER: 15°) grupy RSA. Przy niektórych ruchach (zgięcia: 30°; IR 15°, 45°) kontrola odtworzenia pozycji była lepsza w grupie kontrolnej niż barku operowanego oraz w większości badań (zgięcie: 30°, 90°, 120°; odwiedzenie: 30°, 90°, 120°; IR: 15°, 30°, 45°) lepsza niż barku nieoperowanym grupy RSA.

Tabela 5 Średnie wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu w grupie RSA ( bark operowany- O, bark nieoperowany – NO) oraz w grupie kontrolnej (K). EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu.

Pozycja pomiaru		Wartości EARJP			Wartości p w korelacjach statystycznych (tylko dla $p < 0,05$ )
		Bark operowany w grupie RSA	Bark nieoperowany w grupie RSA	Grupa kontrolna	
Zgięcie	30°	8° ± 5,7	9,8° ± 6,1	4,9° ± 3	O vs NO < 0,05 , O vs K=0,01, NO vs K < 0,0001
	60°	5° ± 2,8	5,9° ± 2,7	5,1° ± 3,2	
	90°	3,1° ± 1,6	5,5° ± 2,6	3,2° ± 1,4	O vs NO < 0,0001, NO vs K < 0,0001
	120°	3,4° ± 2,1	5,6° ± 4,0	3,5° ± 1,7	K vs NO = 0,01, NO vs K = 0,001
Odwiedzenie	30°	5,2° ± 2,5	9,1° ± 6,1	4,6° ± 2,3	K vs NO = 0,0004, NO vs K < 0,0001
	60°	5,2° ± 3,6	6,6° ± 4,1	5,3° ± 3,1	
	90°	3,8° ± 2	7,4° ± 5,5	4,1° ± 1,9	O vs NO = 0,002, NO vs K = 0,0002
	120°	5,3° ± 2,9	7,7° ± 5,3	4,2° ± 1,9	O vs NO = 0,002, NO vs K < 0,0001
Rotacja wewnętrzna	15°	4,3° ± 3,1	6,2° ± 4,4	2,8° ± 1,2	O vs NO = 0,02, O vs K = 0,03, NO vs K < 0,0001
	30°	3,2° ± 1,9	4,5° ± 2,3	3,3° ± 1,4	O vs NO= 0,009, NO vs K= 0,001
	45°	3,5° ± 2	4,1° ± 1,8	2,8° ± 1	O vs K = 0,0003, NO vs K= 0,0009
Rotacja zewnętrzna	15°	3° ± 1,7	4,2° ± 2,2	3,6° ± 1,4	O vs NO = 0,008

## 7.2.2 Korelacja wartości błędu odtworzenia pozycji stawu z wartością kąta odchylenia stawu ramiennego

Szczegółowe wyniki zależności dokładności odtworzenia pozycji stawu przedstawione zostały w tabelach 9- 11.

### 7.2.2.1 Bark operowany z grupy badanej RSA

Analiza statystyczna wykazała istotnie zmniejszenie wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu wraz ze zwiększaniem badanego kąta ruchu zgięcia kończyny operowanej (grupa RSA).

Tabela 6 Porównanie wartości błędu odtworzenia w poszczególnych ruchach barku operowanego w grupie RSA w zależności od pozycji odniesienia. W tabeli podano wartość p testu Kruskal-Wallis Anova jeżeli występowały poniżej 0,05; n.i.- nieistotny statystycznie.

Badany ruch	Pozycja odniesienia ( kąt)					
	30°/60°	30°/90°	60°/90°	30°/120°	60°/120	90°/120°
Zgięcie	0,001	<0,0001	0,05	<0,0001	n.i.	n.i.
Odwiedzenie	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	15°/30°	15°/45°	30°/45°			
Rotacja wewnętrzna	n.i.	n.i.	n.i.			
Rotacja zewnętrzna	n.i.	n.i.	n.i.			

### 7.2.2.2 Bark przeciwny (nieoperowany) w grupie RSA

Analiza statystyczna wykazała istotne zmniejszenie wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu wraz ze zwiększaniem badanego kąta ruchu zgięcia i rotacji wewnętrznej kończyny przeciwnej grupy RSA (tab. 7).

Tabela 7 Porównanie wartości błędu odtworzenia w poszczególnych ruchach barku przeciwnego grupy RSA w zależności od pozycji odniesienia. W tabeli podano wartość p testu Kruskal-Wallis Anova jeżeli występowały poniżej 0,05; n.i.- nieistotny statystycznie

Badany ruch	Pozycja odniesienia ( kąt)					
	30°/60°	30°/90°	60°/90°	30°/120°	60°/120°	90°/120°
Zgięcie	0,003	<0,0001	<0,0001	0,003	n.i.	n.i.
Odwiedzenie	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	15°/30°	15°/45°	30°/45°			
Rotacja wewnętrzna	0,08	0,04	n.i.			
Rotacja zewnętrzna	n.i.	n.i.	n.i.			

### 7.2.2.3 Bark grupy kontrolnej

Analiza statystyczna (Kruskal-Wallis Anova) wykazała istotnie zmniejszenie wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu wraz ze zwiększaniem badanego kąta ruchu zgięcia, odwiedzenia i rotacji wewnętrznej w grupie kontrolnej (tab. 8).

Tabela 8 Porównanie wartości błędu odtworzenia w poszczególnych ruchach barków grupy kontrolnej w zależności od pozycji odniesienia. W tabeli podano wartość p testu Kruskal-Wallis Anova jeżeli występowały poniżej 0,05; n.i.- nieistotny statystycznie.

Badany ruch	Pozycja odniesienia ( kąt)					
	30°/60°	30°/90°	60°/90°	30°/120°	60°/120	90°/120°
Zgięcie	n.i.	0,001	< 0,001	0,008	< 0,001	n.i.
Odwiedzenie	n.i.	n.i.	0,008	n.i.	0,02	n.i.
	15°/30°	15°/45°	30°/45°			
Rotacja wewnętrzna	n.i.	n.i.	0,05			
Rotacja zewnętrzna	n.i.	n.i.	n.i.			

## 7.3 Korelacja wyników propriocepcji z wynikami oceny funkcji i stanu klinicznego

### 7.3.1 Bark operowany w grupie RSA

Stwierdziłam odwrotną korelację pomiędzy wartością błędu odtworzenia pozycji w odwiedzeniu 30° oraz rotacji wewnętrznej 15°, a wynikiem skali ADLER po operacji RSA, tzn. lepsza funkcja pacjenta (lepszy wyniki ADLER) korelowała z lepszymi wynikami propriocepcji ( tab. 9).

Tabela 9 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z wynikami skali ADLER (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości p <0,05)

Pozycja pomiaru EARJP		ADLER	
		Spearman R	p wartość
Zgięcie	30°	-0,15	0,45
	60°	0,06	0,76
	90°	-0,03	0,87
	120°	-0,01	0,95
Odwiedzenie	30°	-0,39	<b>0,04</b>
	60°	-0,05	0,78
	90°	0,06	0,77
	120°	0,04	0,84
Rotacja wewnętrzna	15°	-0,43	<b>0,03</b>
	30°	0,13	0,53
	45°	-0,15	0,51
Rotacja zewnętrzna	15°	-0,24	0,27
	30°	0,17	0,48

Nie stwierdziłam istotnej statystycznie zależności pomiędzy EARJP a skalą ADLIER (tab 10).

Tabela 10 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z wynikami skali ADLIER. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman)

Pozycja pomiaru EARJP		ADLIER	
		Spearman R	p wartość
Zgięcie	30°	-0,18	0,37
	60°	-0,07	0,75
	90°	-0,005	0,98
	120°	-0,05	0,83
Odwiedzenie	30°	-0,18	0,36
	60°	-0,05	0,79
	90°	-0,14	0,48
	120°	-0,05	0,83
Rotacja wewnętrzna	15°	-0,03	0,09
	30°	-0,13	0,52
	45°	-0,23	0,32
Rotacja zewnętrzna	15°	-0,22	0,3
	30°	-0,06	0,8

Analiza wykazała istotną statystycznie odwrotną korelację między EARJP, a skalą Constanta dla zgięcia 30°, rotacji wewnętrznej 45°, rotacji zewnętrznej 30°, tzn. lepszym wynikiom funkcjonalnym towarzyszyły lepsze wyniki czucia pozycji stawu (tab 11).

Tabela 11 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z wynikami skali Constanta. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości  $p < 0,05$ )

Pozycja pomiaru EARJP		CONSTANT	
		Spearman R	p wartość
Zgięcie	30°	<u>-0,51</u>	<u>0,006</u>
	60°	-0,34	0,09
	90°	0,03	0,86
	120°	-0,09	0,67
Odwiedzenie	30°	-0,28	0,16
	60°	-0,27	0,19
	90°	-0,02	0,9
	120°	-0,03	0,87
Rotacja wewnętrzna	15°	0,02	0,9
	30°	0,18	0,39
	45°	<u>-0,45</u>	<u>0,04</u>
Rotacja zewnętrzna	15°	0,07	0,75
	30°	<u>-0,48</u>	<u>0,03</u>



Nie stwierdziłam istotnej statystycznie zależności pomiędzy błędem czynnego odtworzenia pozycji, a poziomem bólu barku w skali VAS w barku operowanym (tab. 12)

Tabela 12 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z poziomem bólu w skali VAS (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości  $p < 0,05$ )

Pozycja pomiaru EARJP		BÓL	
		Spearman R	p wartość
<b>Zgięcie</b>	30°	-0,28	0,17
	60°	-0,13	0,55
	90°	-0,03	0,87
	120°	-0,0003	0,99
<b>Odwiedzenie</b>	30°	0,28	0,17
	60°	-0,06	0,74
	90°	-0,11	0,6
	120°	0,13	0,58
<b>Rotacja wewnętrzna</b>	15°	0,23	0,29
	30°	-0,06	0,8
	45°	0,11	0,65
<b>Rotacja zewnętrzna</b>	15°	0,09	0,7
	30°	0,42	0,08

Analiza wykazała istotną statystycznie odwrotną korelację między EARJP, a zakresem ruchu w pozycji rotacji wewnętrznej 30°, rotacji zewnętrznej 15°, tzn. większy zakres ruchu barku korelował z lepszą zdolnością do odtworzenia pozycji. (tab. 13).

Tabela 13 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z zakresem ruchu (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości  $p < 0,05$ )

Pozycja pomiaru EARJP		ROM	
		Spearman R	p wartość
<b>Zgięcie</b>	30°	0,17	0,44
	60°	0,02	0,92
	90°	0,37	0,1
	120°	-0,2	0,39
<b>Odwiedzenie</b>	30°	-0,03	0,89
	60°	0,95	0,68
	90°	-0,31	0,16
	120°	0,16	0,49
<b>Rotacja wewnętrzna</b>	15°	0,06	0,79
	30°	<u>-0,48</u>	<u>0,03</u>
	45°	0,13	0,63
<b>Rotacja zewnętrzna</b>	15°	<u>-0,47</u>	<u>0,04</u>
	30°	0,14	0,6

Analiza wykazała istotną statystycznie odwrotną korelację między EARJP, a siłą w odwiedzeniu 30° tzn. większej sile towarzyszyły lepsze wyniki czucia pozycji stawu (tab. 14). Podobna korelacja była obserwowana dla zgięcia 30° z wartością bliską istotności statystycznej (p=0,06).

Tabela 14 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z siłą (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05)

Pozycja pomiaru EARJP		SIŁA	
		Spearman R	p wartość
<b>Zgięcie</b>	30°	-0,49	0,06
	60°	-0,28	0,33
	90°	0,18	0,54
	120°	0,17	0,58
<b>Odwiedzenie</b>	30°	-0,5	<b><u>0,03</u></b>
	60°	-0,04	0,88
	90°	-0,16	0,55
	120°	0,23	0,39
<b>Rotacja wewnętrzna</b>	15°	0,16	0,6
	30°	0,05	0,87
	45°	0,29	0,87
<b>Rotacja zewnętrzna</b>	15°	0,34	0,31
	30°	-0,29	0,39

### 7.3.2 Bark nieoperowany w grupie RSA

Nie stwierdziłam istotnej statystycznie zależności pomiędzy błędem odtworzenia pozycji a skalą ADLER (tab. 15).

Tabela 15 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z wynikami skali ADLER. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05)

Pozycja pomiaru EARJP		ADLER	
		Spearman R	p wartość
Zgięcie	30°	0,2	0,36
	60°	0,09	0,69
	90°	-0,24	0,32
	120°	-0,19	0,47
Odwiedzenie	30°	0,1	0,65
	60°	0,01	0,93
	90°	0,26	0,27
	120°	-0,25	-0,33
Rotacja wewnętrzna	15°	-0,21	0,38
	30°	-0,12	0,61
	45°	-0,3	0,25
Rotacja zewnętrzna	15°	0,43	0,07
	30°	0,45	0,1

Nie stwierdziłam istotnej statystycznie zależności pomiędzy błędem czynnego odtworzenia pozycji a skalą ADLIER (tab. 16).

Tabela 16 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z wynikami skali ADLIER. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05)

Pozycja pomiaru EARJP		ADLIER	
		Spearman R	p wartość
<b>Zgięcie</b>	30°	0,19	0,39
	60°	0,11	0,64
	90°	-0,22	0,36
	120°	-0,17	0,53
<b>Odwiedzenie</b>	30°	0,13	0,56
	60°	0,01	0,94
	90°	0,27	0,24
	120°	-0,28	0,27
<b>Rotacja wewnętrzna</b>	15°	-0,22	0,36
	30°	-0,1	0,68
	45°	-0,27	0,3
<b>Rotacja zewnętrzna</b>	15°	0,43	0,06
	30°	0,44	0,11

Nie stwierdziłam istotnej statystycznie zależności pomiędzy EARJP a zakresem ruchu barku nieoperowanego (tab 17).

Tabela 17 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z zakresem ruchu. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; ROM- zakres ruchu: Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05)

Pozycja pomiaru EARJP		ROM	
		Spearman R	p wartość
<b>Zgięcie</b>	30°	0,17	0,47
	60°	-0,14	0,57
	90°	0,13	0,6
	120°	-0,28	0,29
<b>Odwiedzenie</b>	30°	-0,05	0,84
	60°	0,35	0,12
	90°	0,19	0,43
	120°	-0,35	0,17
<b>Rotacja wewnętrzna</b>	15°	-0,26	0,27
	30°	-0,03	0,89
	45°	-0,38	0,15
<b>Rotacja zewnętrzna</b>	15°	-0,22	0,93
	30°	0,24	0,39

Nie stwierdziłam istotnej statystycznie zależności pomiędzy błędem odtworzenia pozycji a pomiarem siły barku nieoperowanego (tab. 18 )

Tabela 18 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z wynikami z jego siłą. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05)

Pozycja pomiaru EARJP		SIŁA	
		Spearman R	p wartość
<b>Zgięcie</b>	30°	-0,02	0,94
	60°	0,28	0,78
	90°	-0,16	0,61
	120°	0,4	0,22
<b>Odwiedzenie</b>	30°	-0,08	0,76
	60°	0,15	0,57
	90°	0,18	0,52
	120°	0,15	0,58
<b>Rotacja wewnętrzna</b>	15°	-0,37	0,25
	30°	0,24	0,46
	45°	-0,11	0,72
<b>Rotacja zewnętrzna</b>	15°	-0,21	0,52
	30°	-0,17	0,63

## 8. Dyskusja

W mojej pracy oceniłam czucie pozycji stawu ramiennego po operacji odwróconej endoprotezoplastyce. Użyłam do tego metody badania propriocepcji z wykorzystaniem goniometru elektronicznego o dużej dokładności do pomiaru błędu odtworzenia pozycji stawu. Wyniki pokazały zbliżony poziom czucia pozycji stawu w operowanym barku do uzyskiwanego u osób młodych ze zdrowym barkiem oraz istotnie lepszy niż w barku przeciwnym pacjenta. Otrzymane wyniki nie potwierdziły więc hipotezy, iż endoprotezoplastyka barku osłabia czucie pozycji stawu. Możliwe, że poprawa kinematyki barku, poprzez lepsze wykorzystanie mięśnia naramiennego i być może zmniejszenie dolegliwości powoduje, że kontrola ramienia może być nawet lepsza niż w przeciwnym zdrowym barku.

W swojej pracy oceniłam też funkcję barku oraz niektóre parametry biomechaniczne (ROM, siła). Użyłam specyficznych metod z zastosowaniem skal Constant, ADLER i ADLIER. Do badania siły wykorzystałam dynamometr elektroniczny.

Endoprotezoplastyka odwrócona spełniła oczekiwane zadanie, poprawiając funkcję barku, zmniejszając dolegliwości oraz umożliwiając wykonywanie większości czynności życia codziennego.

Potwierdziłam hipotezę, że zarówno parametry kliniczny jak i biomechaniczne korelują z czuciem pozycji operowanego stawu w niektórych pozycjach. Zaobserwowałam, że dokładność odtworzenia pozycji stawu ramiennego koreluje pozytywnie ze skalami ADLER, ADLIER wyłącznie dla barku operowanego. Podobne wyniki otrzymałam dla korelacji ze skalą Constant. Stwierdziłam także, że przy niektórych pozycjach barku operowanego istnieje pozytywna korelacja zakresu dokładności czucia z zakresem ruchu i siłą. Tego typu wyników nie zaobserwowałam w barku przeciwnym. Nie zaobserwowałam również związku poziomu dolegliwości bólowych po operacji ze zdolnościami proprioceptywnymi barku operowanego.



## 8.1 Propriocepcja w zmianach zwyrodnieniowych

Zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego charakteryzuje powolnie postępujący proces uszkodzenia chrząstki stawowej stopniowo ograniczający zakres ruchu. Towarzyszyć temu mogą dolegliwości bólowe oraz uszkodzenia ścięgien RC [17]. Uważa się, iż zmiany zwyrodnieniowe barku mogą mieć negatywny wpływ na kontrolę nerwowo-mięśniową [63]. Doniesienia dotyczące propriocepcji stawów ze zmianami zwyrodnieniowymi są stosunkowo nieliczne [10], [64]–[69].

Zbadanie czucia pozycji stawu w zmianach zwyrodnieniowych zwłaszcza z utratą funkcji ruchowej może być bardzo trudne lub nawet niemożliwe (tak jak w mojej pracy). Stąd pozyskanie danych przedoperacyjnych jest ograniczone.

Nie jest jasna przyczyna zaburzeń propriocepcji z zmianach zwyrodnieniowych. Negatywny wpływ mogą mieć:

- zmiany w układzie nerwowym związane z wiekiem (omówienie w dalszej części)
- uszkodzenie mechanoreceptorów w torebce stawowej w zmienionym zwyrodnieniowo stawie
- upośledzenie kinematyki stawu i funkcji mięśniowej, powodujące obniżenie aktywności mechanoreceptorów mięśniowych
- dolegliwości bólowe stawu.

Progresja zmian zwyrodnieniowych, ostatecznie może doprowadzić do utraty funkcji stawu, a co za tym idzie osłabienia propriocepcji [9]. Odbywa się to także poprzez wzmożony sygnał z włókien afferentnych bólowych [70]. W swoim badaniu Barrett i wsp. twierdzą, że osłabienie czucia pozycji stawu kolanowego może wywoływać postępowanie zmian zwyrodnieniowych [10]. Istnieje także koncepcja, że zaburzenia układu czuciowo-ruchowego są czynnikiem uszkadzającym staw. Kontrola czuciowo – ruchowa to proces odpowiedzialny za stabilizację stawu poprzez złożone mechanizmy układu nerwowego i mięśniowego w ośrodkowym układzie nerwowym. Propriocepcja jako składowa czuciowa tego układu jest zależna od jego sprawnego działania [71]–[73]. Osłabienie propriocepcji objawia się z reguły zaburzeniem chodu i nie fizjologicznym obciążaniem kończyny [10]. Barret i wsp. stwierdzili, że odnerwienie czuciowe stawu wywołuje degenerację chondrocytów podobną do tej opisywanej u pacjentów w starszym wieku [10]. W zmianach zwyrodnieniowych o etiologii neurologicznej, np. w stawie Charcota stwierdza się nie tylko masywną destrukcję stawu, ale także zmniejszenie dolegliwości bólowych i czucia propriocepcji. Osłabienie propriocepcji może być także wynikiem innych zmian w ośrodkowym układzie nerwowym. Hwang i wsp. stwierdzili zaburzenia propriocepcji u pacjentów chorobą Parkinsona [74]. Obustronne osłabienie

propriocepcji stawu ramiennego w zgięciu i odwiedzeniu obserwowano u pacjentów po udarze mózgu z jednostronnym niedowładem [75]

Możliwe jest również występowanie zaburzeń układu czuciowo-ruchowego jako podłoża do uszkodzenia stawu, nawet bez uchwytnych schorzeń neurologicznych [68]. W mojej pracy wartość EARJP dla stawu nieoperowanego grupy RSA była istotnie niższa niż w grupie kontrolnej dla ruchu : zgięcia 30°, 90°, 120°; odwiedzenia 30°, 90°, 120°; rotacji wewnętrznej 15°, 30°, 45° oraz rotacji zewnętrznej 45°. Niestety ze względu na znaczne ograniczenia ruchu oraz dolegliwości bólowe brak było możliwości zbadania barku chorego przed operacją w badanym przeze mnie materiale. Badania doświadczalne przeprowadzone w ośrodkowym układzie nerwowym ssaków wyjaśniają mechanizm obustronnego zaburzenia zdolności czucia pozycji stawu [76]. Impuls aferentny, który może powstać w wyniku patologii wywołuje reakcję w ośrodkach rdzeniowych zgodno-stronnych jak i drugostronnych. Reakcja ta związana jest z projekcją skrzyżowanych interneuronów hamujących przekazujących impulsy z ośrodków po stronie urazów.

## **8.2 Wartość błędu odtworzenia pozycji stawu ramiennego po odwróconej endoprotezoplastyce**

W większości badanych pozycji bark po endoprotezoplastyce miał lepsze parametry proprioceptywne niż bark przeciwny oraz zbliżone do barku prawidłowego grupy kontrolnej. Niestety nie mogłam zbadać propriocepcji barku uszkodzonego przed operacją, ze względu na ograniczenia funkcjonalne i dolegliwości pacjenta. Jednak na podstawie analizy literatury i doświadczeń zespołu założyłam iż funkcji czucia pozycji stawu była zaburzona. Można więc wysnuć pośredni wniosek, że poprzez poprawę funkcji barku oraz pobudzenie mechanoreceptorów mięśnia naramiennego doszło do poprawy czucia pozycji stawu ramiennego.

Trudno jednoznacznie ocenić mechanizm w jakim endoprotezoplastyka stawu może poprawiać propriocepcję po odwróconej endoprotezoplastyce. Głównym czynnikiem może być przywrócenie biomechaniki barku. Część autorów postuluje, że elementy torebkowe oraz skóra mają mniejsze znaczenie. Usunięcie torebki stawowej podczas zabiegu endoprotezoplastyki wydaje się nie pogarszać propriocepcji. Grigg i wsp. zbadali propriocepcję u 16 pacjentów przed i po endoprotezoplastyce stawu biodrowego (Grigg, Finerman, and Lee 1973). Nie znaleźli różnic w badaniu propriocepcji przed i po operacji. Największe znaczenie dla funkcji

proprioceptywnej mają właściwie działające receptory mięśniowe, a zanik włókien mięśniowych może ją osłabiać [9]. W trakcie zabiegu operacyjnego uszkodzeniu mechanicznemu ulegają mechanoreceptory znajdujące się w tkankach miękkich. Maier i wsp. uważają, iż odpreparowanie oraz następnie rekonstrukcja ścięgna mięśnia podłopatkowego oraz uwolnienie więzadeł panewkowo-ramiennych w trakcie zakładania anatomicznej endoprotezy stawu ramiennego może być przyczyną osłabionej propriocepcji [7]. Rokito w badaniu pacjentów po otwartej operacji niestabilności barku doniósł, iż odcięcie ścięgna mięśnia podłopatkowego opóźnia regenerację propriocepcji [78]. W przypadku pacjentów badanych przez mnie mięśnie pierścienia rotatorów były uszkodzone przed operacją. To warunkowało również nieprawidłową funkcję mięśnia naramiennego. Rekonstrukcja za pomocą protezy odwróconej pozwoliła na uruchomienie barku poprzez wykorzystanie mięśnia naramiennego pomimo braku RC. Technika ta powoduje również dodatkowe napięcie tego mięśnia. Jego funkcja zmienia się w porównaniu do barku nie operowanego [79]. Dodatkowo w trakcie operacji starano się naprawić chociaż częściowo uszkodzone ścięgna. Można przypuszczać zatem, że uruchomienie mięśnia naramiennego oraz większe napięcie (bez istotnego uszkodzenia w trakcie operacji) pozwala na uzyskanie lepszych warunków do propriocepcji oraz kontroli nerwowo-mięśniowej barku.

Powyższe potwierdzają również wcześniejsze wyniki badań barku oraz stawu kolanowego [9], [64]. W badaniu pacjentów przed i po 6 miesiącach od założenia anatomicznej endoprotezoplastyki uzyskano istotną statystycznie poprawę propriocepcji i wyniki porównywalne do barku przeciwnego [9]. Autor uważa, iż poprawa czucia pozycji stawu wynika z resekcji chorego stawu i zastąpienia go protezą, jak również odpowiedniego programu rehabilitacji, który pobudza receptory znajdujące się w mięśniach oraz ścięgnach. Równie istotne wydają się być inne czynniki takie jak: odzyskanie anatomii stawu z korekcją deformacji, rekonstrukcja torebki stawowej, uzyskanie odpowiedniego napięcia mięśni oraz ustąpienie dolegliwości bólowych [9]. Lubiowski i wsp. badali propriocepcję stawu łokciowego po endoprotezoplastyce, gdzie stwierdzono znaczne osłabienie propriocepcji w porównaniu do grupy kontrolnej [3]. Wyżej wspomniany autor uważa, iż sam przebieg zabiegu operacyjnego może być powodem osłabienia propriocepcji- rozległy dostęp operacyjny, całkowite usunięcie torebki stawowej, odcięcie więzadeł pobocznych, odcięcie niemal wszystkich grup mięśniowych.

Podobne wyniki uzyskali Kasten i wsp. Po operacjach barku stwierdzili oni pogorszenie się czucia pozycji stawu [6]. Nie mniej jednak uzyskane przez nich dane muszą być interpretowane z ostrożnością albowiem autorzy analizowali wspólnie wyniki

dla protez połowicznych i odwróconych. Poszczególne grupy pacjentów były nieliczne, w szczególności dla odwróconej endoprotezoplastyki (zbadano tylko 5 osób). Przyjęta metoda trójwymiarowej analizy ruchu czynnego odtworzenia pozycji stawu (AAR) była czasochłonna w przygotowaniu pacjenta i przeprowadzaniu, co też mogło mieć wpływ na otrzymane wyniki. W moim badaniu wybrałam metodę czynnej wspomaganą demonstracji pozycji wzorcowej badaną kończyną i czynnym odtworzeniu tej pozycji ze względu na wysoką czułość i powtarzalność badania [80]. Technika ta została sprawdzona i wykorzystana we wcześniejszych pracach Naszego zespołu [1], [2], [4].

W badaniach propriocepcji po endoprotezoplastyce stawu kolanowego u pacjentów ze zdiagnozowanymi zmianami zwyrodnieniowymi stwierdzono poprawę propriocepcji w porównaniu do badania przedoperacyjnego [10]. Podobne wyniki wykazało badanie propriocepcji przeprowadzone na 31 pacjentach przed i po endoprotezoplastyce stawu kolanowego [64]. Autor poruszył istotne zagadnienie wpływu budowy implantu oraz zaopatrzenia tkanek miękkich na funkcję proprioceptywną [64]. Budowa implantu, która ma znaczący wpływ na poprawę rotacji wewnętrznej i zewnętrznej w porównaniu do innych implantów używanych do odwróconej endoprotezoplastyki może również poprawiać czucie pozycji stawu ramiennego także poprzez zwiększenie jego zakresu ruchu [57].

Czas, który upłynął od operacji może także mieć wpływ na czucie pozycji stawu. Grupa badawcza, która zbadała nieliczną grupę pacjentów po upływie 6 miesięcy a następnie ponownie po upływie 3 lat wskazuje na brak poprawy lub wręcz pogorszenie propriocepcji barku [7]. W moim badaniu uwzględnieni zostali natomiast pacjenci po upływie minimum 12 miesięcy od przeprowadzonego zabiegu operacyjnego. Podobne wyniki opublikował Cuomo i wsp., którzy badali pacjentów po 6 miesiącach [9].

Bardzo ważnym czynnikiem mającym wpływ na polepszenie czucia pozycji stawu po zabiegach operacyjnych w przestrzeni może mieć program rehabilitacji. Program ten powinien opierać się na trzech poziomach kontroli nerwowo-mięśniowej: odruch rdzeniowy, kontrola funkcji poznawczych i aktywności pnia mózgu [81]. Zalecana jest również dynamika ruchu w stawie oraz ćwiczenia stabilności funkcjonalnej [81], [82]. Należy pamiętać, iż zestaw ćwiczeń powinien być dostosowany do potrzeb i możliwości pacjenta. Innej rehabilitacji wymagają zawodowi sportowcy pragnący wrócić do pracy a innej starsi ludzie [25].

Pacjenci po operacji odwróconej endoprotezoplastyki mieli taki sam protokół rehabilitacyjny. Plan zakłada bardzo ostrożne ćwiczenia ze względu na wiek pacjentów oraz samą operację. Celem podstawowym usprawniania był powrót do samodzielności

w codziennych aktywnościach jak np. uczesanie się, higiena intymna czy możliwość uniesienia ręki do ust. Pacjent również musiał przejść reedukację toru ruchu barku.

Cuomo i wsp. (2005) uważa, iż rehabilitacja ma pozytywny wpływ na pobudzenie mechanoreceptorów znajdujących się w mięśniach i ścięgnach [9]. U pacjentów po udarze mózgu z jednostronnym niedowładem stwierdzono obustronne osłabienie propriocepcji stawu ramiennego w zgięciu i odwiedzeniu [75]. Autor zwraca uwagę na znaczenie protokołu rehabilitacyjnego który według niego powinien dotyczyć obu kończyn na poprawę czucia pozycji stawu.

W moim badaniu pominęłam porównanie kończyny dominującej i niedominującej. Badanie w grupie kontrolnej dało podobne wartości czynnego odtworzenia pozycji stawu i nie wykazało statystycznie istotnych różnic. Wnioski są podobne z badaniami przeprowadzonymi z użyciem Propriometru i innych elektronicznych goniometrów [1], [2], [4], [6], [59], [82], [83].

### **8.3 Propriocepcja w osób starszych**

Jednym z czynników wpływających negatywnie na propriocepcję jest podeszły wiek [10], [64], [84], [85]. Zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego oraz artropatia ścięgien pierścienia rotatorów dotyczą z reguły osób starszych. W mojej pracy średnia wieku pacjentów wynosiła 74 lata (61- 85). Na podstawie wykonanej analizy wyników można stwierdzić, że odwrócona endoprotezoplastyka barku pozwala na osiągnięcie propriocepcji zbliżonej do młodych zdrowych osób. Grupa kontrolna jest niedopasowana wiekiem ponieważ średnia wieku wynosiła 24 lata (22- 26). Kierowałam się doбором grupy w której staw ramienny będzie zdrowy i nie dotknięty ewentualnymi zmianami zwyrodnieniowymi. Podobnie dobrano grupę kontrolną w innym badaniu [3]. Goble i wsp. w swoim badaniu pokazuje, że między 20 a 30 rokiem życia czucie pozycji stawu jest najdokładniejsze, a w wieku między 35 a 50 oraz powyżej 70 lat stopniowo się pogarsza [86]. W swojej pracy porównałam EARJP barku nieoperowanego u osób starszych z grupą kontrolną osób młodych otrzymując podobne wyniki, tzn. obniżone czucie stawu w grupie RSA. Można podejrzewać, że osłabiona propriocepcja barku nieoperowanego w grupie RSA wynika z wieku przebadanych pacjentów jak również z prawdopodobnego uszkodzenia RC, które powyżej 70 roku życia występuje w około 30 % [87], [88]. Kapelan i wsp. w swojej pracy porównali kobiety w wieku nastoletnim i powyżej 60

roku życia, udowadniając, iż czucie pozycji stawu kolanowego jest lepsze u młodszej grupy [89]. Barret i wsp. także potwierdził obniżone parametry proprioceptywne u zdrowych osób starszych, na podstawie przebadanych 147 wolontariuszy w wieku od 16 do 75 lat [10]. Osłabienie propriocepcji ręki u osób starszych może być związane ze zmianami stawowymi, osłabienie funkcji motorycznych czy osłabienie kontroli nerwowo- mięśniowej. W przypadku kończyn górnych (stawu łokciowego) zmian zależnych od wieku nie zaobserwowali [3].

#### **8.4 Korelacja wartości błędu odtworzenia pozycji stawu od kąta odchylenia stawu ramiennego**

Badając czynne odtworzenie pozycji stawów w różnych kątach i ustawieniach kończyny stwierdziłam istotni statystycznie zmniejszenie wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu wraz ze zwiększaniem badanego kąta ruchu zgięcia dla barku operowanego, ruchu zgięcia i rotacji wewnętrznej dla barku nieoperowanego, oraz zgięcia, odwiedzenia i rotacji wewnętrznej w grupie kontrolnej. Uzyskane wyniki potwierdzają teorie Jerosha i wsp. mówiącą o zwiększającej się zdolności czucia pozycji stawu, wraz ze wzrostem kąta ustawienia ramienia w badanym kierunku [90]. Autorzy tłumaczą to znacznie zwiększoną liczbą bodźców płynących z mechanoreceptorów umieszczonych w więzadłach i torebce stawowej, które napinają się podczas wykonania ruchu. Napięcie jest najwyższe w końcowym etapie ruchu, co sprawia, że propriocepcja poprawia się wraz ze zwiększonym napięciem okolicznych tkanek miękkich. Podobne wnioski zostały przedstawione w innych badaniach [2], [4], [90]. Ogrodowicz w swojej rozprawie podobnie tłumaczy tę zależność zwiększoną aferentacją z mechanoreceptorów więzadeł i torebki stawowej, pojawiającą się w wyniku zwiększającego się ich napięcia, gdy kąt badany jest zbliżony do końcowego kąta zakresu ruchu [1].

#### **8.5 Korelacje wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu (EARJP) barku operowanego z oceną kliniczną**

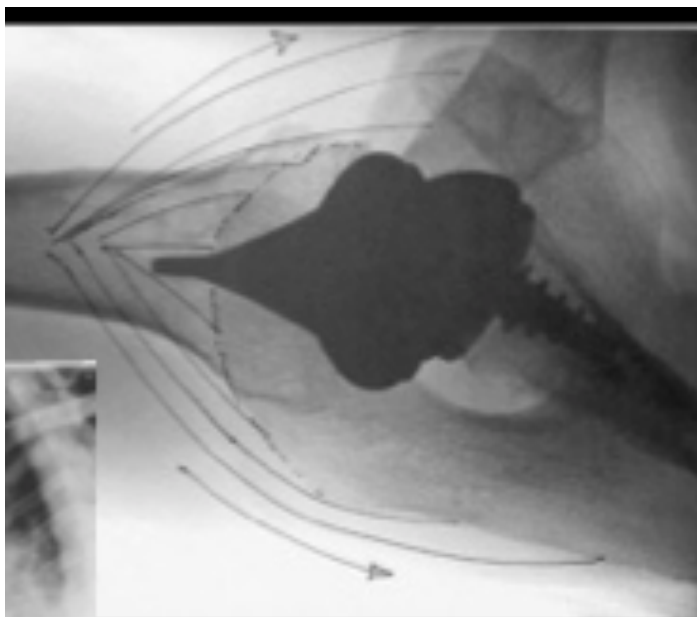
Leczenie zmian zwyrodnieniowych stawu ramiennego za pomocą odwróconej endoprotezoplastyki ma na celu zmniejszenie dolegliwości, poprawę funkcji barku oraz przywrócenie codziennej aktywności życiowej. Dobra funkcja proprioceptywna po zabiegu operacyjnym opiera się na prawidłowym współdziałaniu sił wewnątrzstawowych, stabilizatorów statycznych oraz dynamicznych kontrolowanych przez układ głęboki [91]. Oprócz badania

propriocepcji barku u pacjentów, przeprowadzałam również ocenę funkcji barku i codziennej aktywności na podstawie skal Constant, ADLER, ADLIER, oraz dolegliwości bólowych. Wykonałam również badanie zakresu ruchu oraz siły stawu ramiennego. Operacja TRSA pozwoliła na znaczącą poprawę wszystkich parametrów. Ze względu na powyższe zbadalam więc korelacje parametrów funkcjonalnych z poziomem czucia stawu.

W poszczególnych badanych ruchach stwierdziłam dodatnią korelację pomiędzy funkcją pacjenta ocenianą w skali ADLER, a dokładnością czucia po operacji TRSA (tab. 8). Skala ADLER pozwala na ocenę ruchów w rotacji zewnętrznej potrzebnych pacjentowi w trakcie codziennych czynności jak np. czesanie włosów, rozmawianie przez telefon czy sięganie do ust. Jest to także zgodne z podobną korelacją propriocepcji oraz zakresu ruchu rotacji w operowanym barku. Dobre parametry rotacyjne mogą wynikać także z samej konstrukcji protezy. Atutem protezy verso jest kąt odcięcia głowy kości ramiennej o wartości  $155^\circ$  dający stabilność protezy oraz miejsce na umieszczenie skośnej wkładki polietylenowej o kącie  $10^\circ$  między komponentem w trzonie kości ramiennej oraz w panewce. Konstrukcja skośna wkładki pozwala na zmniejszenie możliwości wystąpienia konfliktu komponentu ramiennego z panewką (“notching”) oraz na lepszą ruchomość rotacyjną bez oddziaływania wkładki polietylenowej na dolną część panewki [57] (ryc. 20- 21). Ostatecznie kąt inklinacji protezy wynosi  $145^\circ$ , który wydaje on się być najbardziej funkcjonalnym. Profesor Grammont proponował kąt  $155^\circ$ .



Rycina 23 Wkładka polietylenowa o kącie  $10^\circ$ . Rycina użyta za zgodą prof. Ofer Levy.



Rycina 24 Tor ruchu endoprotezy Verso. Rycina użyta za zgodą prof. Ofer Levy.

Skala Constanta jest popularnie używana przy ocenie funkcji barku zalecana przez Europejskie Towarzystwo Chirurgów Barku i Łokcia. W badaniu stwierdziłam korelację wyniku funkcjonalnego w skali Constant z dokładnością czucia pozycja stawu po RSA (tab. 11). Maier w swojej pracy badał wpływ skali Constant przed operacją na funkcjonalność propriocepcji po założeniu anatomicznej endoprotezoplastyki [7]. Badanie pokazało, że niska przedoperacyjna punktacja w skali Constant jest negatywnym czynnikiem dla odzyskania propriocepcji u tych pacjentów. Jednym z powodów takiego wyniku może być krótki czas od zabiegu operacyjnego – 3 miesiące. Według autora rozpoczęcie leczenia wcześniej przy lepszej funkcji barku może dać lepsze wyniki końcowe. Na sam wynik w skali Constant wpływ ma m.in. poziom bólu, zakres ruchu oraz siła. Wynik ten jest zgodny z podobną korelacją zakresu ruchów rotacyjnych oraz siły odwiedzenia z czuciem pozycji stawu ramiennego. Poziom bólu u pacjentów po operacji endoprotezoplastyki był bardzo niski i nie korelował z poziomem propriocepcji (tab. 12). Bennell i wsp. uważa, iż ból nie jest czynnikiem wpływającym na propriocepcję stawu kolanowego z rozpoznanymi zmianami zwyrodnieniowymi po zbadaniu grupy 220 pacjentów [92]. Podobne wyniki otrzymali inni badacze jednakże na podstawie małych grup badanych [93]–[95].



## 9. Wnioski

1. Operacja odwróconej endoprotezoplastyki stawu ramiennego u osób starszych pozwala na uzyskanie czucia pozycji stawu zbliżonego do uzyskiwanego u osób młodych ze zdrowym barkiem oraz istotnie lepszego niż w zdrowym barku przeciwnym pacjenta.
2. Lepsze czucie pozycji stawu ramiennego po endoprotezoplastyce odwróconej koreluje z lepszymi poszczególnymi parametrami klinicznymi i biomechanicznymi.
3. Dokładność odtworzenia pozycji stawu ramiennego w ruchu zgięcia jest lepsza w wyższych kątach ustawienia kończyny, zarówno w obu barkach grupy RSA oraz w grupie kontrolnej.
4. Zdolność czucia pozycji stawu u osób starszych bez zmian zwyrodnieniowych w stawie ramiennym jest osłabiona w porównaniu do zdrowego barku w populacji osób młodych.

## 10. Streszczenie

### Streszczenie

#### Wstęp

Propriocepcja jest istotnym elementem fizjologii stawu ramiennego wspomagającym jego stabilność oraz koordynację ruchu. Zaburzenia czucia pozycji stawu (JPS) mogą być związane z urazem leczeniem operacyjnym czy schorzeniami przewlekłymi. Niektóre zabiegi operacyjne, które wiążą się z uszkodzeniem tkanek będących źródłem informacji proprioceptywnych mogą istotnie wpływać na kontrolę stawu. Należy do nich operacja odwróconej endoprotezoplastyki, której konstrukcja pozwala na aktywację mięśnia naramiennego i przywrócenie funkcji barku, pomimo braku czynności pierścienia rotatorów.

#### Cel

Celem pracy było zbadanie czucia pozycji stawu ramiennego (JPS) pacjentów po odwróconej endoprotezoplastyce stawu ramiennego oraz jego korelacja z parametrami biomechanicznymi i klinicznymi.

#### Material i Metodyka

Materiał badawczy stanowiło 29 pacjentów po zabiegu operacyjnym jednostronnej odwróconej endoprotezoplastyki stawu ramiennego (RTSA) (grupa RSA) (19 K, 10M,) oraz 31 zdrowych wolontariuszy (grupa kontrolna), u których wykonano badanie czucia pozycji (JPS) stawu ramiennego za pomocą elektronicznego goniometru. Wykonano pomiar błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu (error of active reproduction of joint position -EARJP) dla 30°, 60°, 90°, 120° zgięcia i odwiedzenia, oraz 15°, 30°, 45° dla rotacji wewnętrznej (IR) i rotacji zewnętrznej (ER) barku operowanego, barku nieoperowanego i obu barków w grupie kontrolnej. Zbadano również zakres ruchu (ROM), siłę i uzupełniono specyficzne formularze: Constant, Active Daily Living External Rotation (ADLER), Active Daily Living Internal and External Rotation (ADLIER).

#### Wyniki

Wyniki EARJP kolejno barku operowanego, nieoperowanego, grupy kontrolnej.

-Zgięcie dla 30°= 8° ±5,7; 9,8° ±6,1 oraz 4,9° ±3;

dla 60°= 5° ±2,8; 5,9° ±2,7 oraz 5,1° ±3,2;

dla 90°= 3,1° ±1,6; 5,5° ±2,6 oraz 3,2° ±1,4;

dla 120°= 3,4° ±2,1; 5,6° ±4 oraz 3,5° ±1,7;

-Odwiedzenie dla 30°= 5,2° ±2,5; 9,1° ±6,1 oraz 4,6° ±2,3;

dla 60°= 5,2° ±3,6; 6,6° ±4,1 oraz 5,3° ±3,1;

dla  $90^\circ = 3,8^\circ \pm 2; 7,4^\circ \pm 5,5$  oraz  $4,1^\circ \pm 1,9;$

dla  $120^\circ = 5,3^\circ \pm 2,9; 7,7^\circ \pm 5,3$  oraz  $4,2^\circ \pm 1,9;$

-IR dla  $15^\circ = 4,3^\circ \pm 3,1; 6,2^\circ \pm 4,4$  oraz  $2,8^\circ \pm 1,2;$

dla  $30^\circ = 3,2^\circ \pm 1,9; 4,5^\circ \pm 2,3$  oraz  $3,3^\circ \pm 1,4;$

dla  $45^\circ = 3,5^\circ \pm 2; 4,1^\circ \pm 1,8$  oraz  $2,8^\circ \pm 1;$

- ER dla  $15^\circ = 3^\circ \pm 1,7; 4,2^\circ \pm 2,2$  oraz  $3,6^\circ \pm 1,4;$

dla  $30^\circ = 3,1^\circ \pm 1,5; 3,8^\circ \pm 2,6$  oraz  $3,4^\circ \pm 1,6.$

Wyniki pokazały lepszą JPS (niższe EARJP) dla barku operowanego i grupy kontrolnej w porównaniu do barku nieoperowanego. Statystycznie istotne korelacje pomiędzy oceną kliniczną i biomechaniczną a JPS dla barku operowanego pokazały:

- negatywną korelacją pomiędzy skalą ADLER a EARJP dla  $30^\circ$  odwiedzenia oraz  $15^\circ$  IR,
- negatywną korelację pomiędzy skalą Constant a EARJP dla  $30^\circ$  zgięcia,  $45^\circ$  ER oraz  $30^\circ$  IR.
- negatywną korelację pomiędzy ROM a EARJP dla rotacji wewnętrznej  $30^\circ$ , rotacji zewnętrznej  $15^\circ$ ,
- negatywną korelację między siłą a EARJP dla odwiedzenia  $30^\circ$
- brak istotnej statystycznie zależności pomiędzy poziomem bólu barku w skali VAS a EARJP

## **Wnioski**

1. Operacja odwróconej endoprotezoplastyki stawu ramiennego u osób starszych pozwala na uzyskanie czucia pozycji stawu zbliżonego do uzyskiwanego u osób młodych ze zdrowym barkiem oraz istotnie lepszego niż w zdrowym barku przeciwnym pacjenta.
2. Lepsze czucie pozycji stawu ramiennego po endoprotezoplastyce odwróconej koreluje z lepszymi poszczególnymi parametrami klinicznymi i biomechanicznymi.
3. Dokładność odtworzenia pozycji stawu ramiennego w ruchu zgięcia jest lepsza w wyższych kątach ustawienia kończyny, zarówno w obu barkach grupy RSA oraz w grupie kontrolnej.
4. Zdolność czucia pozycji stawu u osób starszych bez zmian zwyrodnieniowych w stawie ramiennym jest osłabiona w porównaniu do zdrowego barku w populacji osób młodych.

**Słowa kluczowe:** propriocepcja, odwrócona endoprotezoplastyka stawu ramiennego, czucie pozycji stawu, zmiany zwyrodnieniowe

## **Abstract**

### **Introduction**

Proprioception is an important element of the physiology of the shoulder, supporting its stability and movement coordination. Joint position sense (JPS) can be affected by surgery and chronic joint diseases. Some surgical procedures, which are associated with damage to the soft tissue as a source of proprioceptive information can significantly affect the control of the joint. These include operation of reverse shoulder arthroplasty, which design allows for activation of the deltoid muscle and shoulder function restoration, despite rotator cuff tear.

### **Aim**

The aim was to evaluate shoulder position sense following reverse total shoulder arthroplasty (TRSA) in patients with cuff arthropathy and its correlation with clinical and biomechanical parameters.

### **Methods**

29 patients who underwent unilateral reverse total shoulder arthroplasty (RTSA) (19F, 10M,) and 31 healthy volunteers as the control group were evaluated for joint position sense (JPS) of the shoulder with the use of a dedicated high accuracy electronic goniometer. Error of active reproduction of joint position (EARJP) was assessed at reference positions of 30°, 60°, 90°, 120° for forward flexion and abduction; 15°, 30°, 45° for internal (IR) and external rotation (ER) in the operated shoulder, the contralateral nonoperated shoulder and control shoulders. The range of motion of the shoulder (ROM), shoulder strength, Constant score, Active Daily Living External Rotation (ADLER), Active Daily Living Internal and External Rotation (ADLIER) scores were also assessed.

### **Results**

Results of EARJP for TRSA, contralateral and control (respectively):

- Forward flexion at 30°= 8° ±5.7; 9.8°±6.1 and 4.9° ±3;
  - at 60°= 5° ±2.8; 5.9° ±2.7 and 5.1° ±3.2;
  - at 90°= 3.1° ±1.6; 5.5° ±2.6 and 3.2° ±1.4;
  - at 120°= 3.4° ±2.1; 5.6° ±4 and 3.5° ±1,7;

- Abduction at 30°= 5.2° ±2.5; 9.1° ±6.1 and 4.6° ±2.3;  
at 60°= 5.2° ±3.6; 6.6° ±4.1 and 5.3° ±3.1;  
at 90°= 3.8° ±2; 7.4° ±5.5 and 4.1° ±1.9;  
at 120°= 5.3° ±2.9; 7.7° ±5.3 and 4.2° ±1.9;
- Internal rotation at 15°= 4.3°±3.1; 6.2° ±4.4 and 2.8° ±1.2;  
at 30°= 3.2° ±1.9; 4.5° ±2.3 and 3.3° ±1.4;  
at 45°= 3.5° ±2; 4.1° ±1.8 and 2.8°±1;
- External rotation at 15° = 3° ±1.7; 4.2° ±2.2 and 3.6° ±1.4;  
at 30°= 3.1° ±1.5; 3.8° ±2.6 and 3.4° ±1.6.

The results showed significantly better JPS (lower EARJP) in the operated shoulders following RTSA as well as in normal control shoulders in comparison with the patients' contralateral shoulder. This can be explained by the fact that RTSA improves kinematics and stability of the joint, which enhances muscular performance and proprioception feedback.

Significant correlations between the clinical scores and JPS in the RTSA shoulder have been found:

- Negative correlation of ADLER and EARJP at 30° of Abduction and at 15° of IR,
- Negative correlation of CS with EARJP at 30° of flexion, 45° of ER and at 30°IR,
- Negative correlation of ROM and EARJP at 30° of IR, and 15° of ER,
- Negative correlation of strength and EARJP at 30° of Abduction
- Not statistically significant correlation of pain (VAS scale) and EARJP

## **Conclusion**

1. Shoulders following reverse total arthroplasty showed superior joint position sense to non-operated contralateral shoulders and comparable to healthy shoulders.
2. Better shoulder function as assessed by the score correlates with superior joint position sense.
3. Accuracy of joint position sense in flexion is better at higher angles of limb placement, in both shoulders of RSA group and the control group.
4. The non-operated shoulder without osteoarthritis showed lower joint acuity when compared to the control group of young adults.

**Key words:** proprioception, reverse shoulder arthroplasty, joint position sense, osteoarthritis

## 11. Bibliografia

- [1] P. Ogrodowicz, Wpływ jednostronnej, pourazowej, nawrotowej przedniej niestabilności stawu ramiennego na zaburzenie propriocepcji dynamicznej, wyrażonej jak błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu ramiennego w przestrzeni. Rozprawa doktorska. Poznań 2010
- [2] I. Olczak, Wpływ aplikacji Kinesiology Taping na czucie pozycji stawu u pacjentów z niestabilnością stawu ramiennego. Rozprawa doktorska. Poznań 2014.
- [3] P. Lubiowski, I. Olczak, E. Lisiewicz, P. Ogrodowicz, M. Breborowicz, L. Romanowski, Elbow joint position sense after total elbow arthroplasty. *J Shoulder Elb Surg*, 2014;23(5) 693–700
- [4] P. Lubiowski, P. Ogrodowicz, M. Wojtaszek, R. Kaniewski, J. Stefaniak, W. Dudziński, L. Romanowski, Measurement of active shoulder proprioception: Dedicated system and device. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2013;23(2)177–183
- [5] D. Perrin, S. Shultz Models for clinical research involving proprioception and neuromuscular control w *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* pod redakcją S. Lephart, F. Fu Stany Zjednoczone Ameryki 2000; 349-362
- [6] P. Kasten, M. Maier, O. Rettig, P. Raiss, S. Wolf, M. Loew Proprioception in total, hemi- and reverse shoulder arthroplasty in 3D motion analyses: A prospective study. *Int Orthop*, 2009;33(6)1641–1647
- [7] M. W. Maier, M. Niklasch, T. Dreher, S. I. Wolf, F. Zeifang, M. Loew, P. Kasten, Proprioception 3 years after shoulder arthroplasty in 3D motion analysis : a prospective study. *Arch Trthopaedic Srauma Surg*, 2012;132,1003–1010
- [8] M. W. Maier, S. Lauer, S. I. Wolf, T. Dreher, M. C. Klotz, F. Zeifang, M. Rickert Low preoperative Constant score is a negative predictive factor for postoperative proprioception after total shoulder arthroplasty in osteoarthritis. *Orthop Surg* 2015;135:171–177
- [9] F. Cuomo, M. G. Birdzel, J. Zuckerman The effect of degenerative arthritis and prosthetic arthroplasty on shoulder proprioception. *J Shoulder Elb. Surg*, 2005;14:345–348
- [10] D. Barrett, A. Cobb, G. Bentley Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Jt Surg Br*, 1991;73(1) :53–56
- [11] P. Boileau, C. Chuinard, Y. Roussanne, R. T. Bicknell, N. Rochet C. Trojani Reverse shoulder arthroplasty combined with a modified latissimus dorsi and teres major tendon transfer for shoulder pseudoparalysis associated with dropping arm. *Clin Orthop Relat Res*, 2008;466(3):584–93

- [12] C. R. Constant, A. H. Murley A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*, 1987;214(Jan):160–164
- [13] R. W. Bohannon, A.W. Andrews Interrater reliability of hand-held dynamometry. *Phys Ther*, 1987;67:931–933
- [14] S. W. Meier, J. D. Meier The effect of double-row fixation on initial repair strength in rotator cuff repair: a biomechanical study. *J Arthrosc Relat Surg*, 2006;22:1168–1173
- [15] B. G. Leggin, R. M. Neuman, J. P. Iannotti, G. R. Williams, E. C. Thompson Intrarater and interrater reliability of three isometric dynamometers in assessing shoulder strength. *J Shoulder Elbow Surg*, 1967;5:18–24
- [16] M. Wierusz- Kozłowska, J. Markuszewski Choroba zwyrodnieniowa stawów w Wiktora *Deji Ortopedia i Rehabilitacja* pod redakcją W. Marciniak, A. Szulc Warszawa 2008;tom II:274–289
- [17] L. Romanowski, Choroby barku w Wiktora *Deji Ortopedia i Rehabilitacja* pod redakcją W. Marciniak, A. Szulc Warszawa 2008, tom II: 21–42
- [18] F. A. Matsen, J. Clinton, C. A. Rockwood, M. A. Wirth, S. Lippitt Glenohumeral arthritis and its management w *The Shoulder Fourth Edition* pod redakcją C. A. Rockwood, F. A. Matsen, M. Writh, S. Lippitt, Philadelphia, PA 2009;vol II:1089–1246
- [19] F. A. Matsen, R. Lippitt, M. A. Wirht Rotator Cuff w *The Shoulder Fourth Edition* pod redakcją C. A. Rockwood, F. A. Matsen, M. Writh, S. Lippitt, Philadelphia, 2009;vol II: 779-819
- [20] J. M. Clark, D. T. Harryman Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy. *J Bone Joint Surg Am*, 1992;74:713–725
- [21] D. H. Sonnabend, C. R. Howlett, A.A.Young Histological evaluation of repair of the rotator cuff in a primate model. *J Bone Joint Surg Br*, 2010;92(4) 586–594
- [22] J. E. Carpenter, S. Thomopoulos, C. L. Flanagan, C. M. DeBano, L. J. Soslowsky Rotator cuff defect healing: a biomechanical and histologic analysis in an animal model. *J Shoulder Elbow Surg*, 1998;7(6):599–605
- [23] R. F. Escamilla, J. R. Andrews Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. *Sport Med*, 2009;39:569–590
- [24] L. Ernlund, J. Warner Gross anatomy of the shoulder: bony geometry, static and dynamic restraints, sensory and motor innervation. w *Proprioception and Neuro Muscular Control in Joint Stability* pod redakcją S. Lephart, F. Fu, Stany Zjednoczone Ameryki 2000;89–97
- [25] P. Lubiowski Wpływ wybranych czynników na wyniki leczenia operacyjnego uszkodzeń pierścienia rotatorów- badania kliniczne i doświadczalne. Poznań 2011

- [26] F. Matsen, Clinical practice. Rotator-cuff failure. *N Engl J Med*, 2008;358(20): 2138–47
- [27] L. Seebauer Classification of rotator cuff tear arthropathy w Rotator Cuff Deficiency of the Shoulder pod redakcją M. Frankle, New York 2008;12–21.
- [28] L. Nove-Josserand, C. Levigne, E. Noel, G. Walch The acromiohumeral interval. A study of the factor influencing its height. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 1996;82(7):608–614
- [29] H. Thomazeau, E. Boukobza, N. Morcet, J. Chaperon, F. Langlais Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res* 1997;344:2275–2288
- [30] D. Goutallier, J. Postel, L. Lavau, E. Al Impact of fatty degeneration of the supraspinatus nad infraspinatus muscles on the prognosis of surgical repair of the rotator cuff. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 1999;85:668–676
- [31] W. Thompson, R. Debski, N. I. Boardmann A biomechanical analysis of rotator cuff deficiency in a cadaveric model. *Am J Sport Med*, 1996;24(3) 286–292
- [32] F. A. Matsen, P. Boileau, G. Walch, C. Gerber, R. Bicknell The reverse total shoulder arthroplasty. *Instr Course Lect*, 2008;57:167–174
- [33] A. Ekelund, L. Seebauer Advanced evaluation and management of glenohumeral arthritis in the cuff deficient shoulder w *The Shoulder Fourth Edition* pod redakcją C. A. Rockwood, F. A. Matsen, M. Writh, S. Lippitt, Philadelphia, 2009;vol II:1247–1276.
- [34] C. 2nd Neer, K. Watson, F. Stanton Recent experience in total shoulder replacement. *J Bone Jt Surg Am*, 1982;64(3):319–337
- [35] J. Fenlin Total glenohumeral joint replacement. *Orthop Clin North Am*, 1975;6:565–583
- [36] A. Lettin, S. Copeland, J. Scales, “The Stanmore total shoulder replacement. *J Bone Jt Surg Br*, 1982;64: 47–51
- [37] P. Boileau, D. J. Watkinson, A. M. Hatzidakis, F. Balg Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elb Surg*, 2005;14(Jan). 147–161
- [38] F. Sirveaux, L. Favard, D. Oudet i wsp. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of the multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Jt Surg Br* 2004;86:388–395
- [39] P. Grammont, P. Trouilloud, J. Laffay, X. Deries Etude et realization d’une nouvelle prothese d’épaule. *Reumatologie*, 1987(37) 17–22
- [40] M. Frankle, N. Virani, D. Pupello, S. Gutierrez Rationale and biomechanics of the reverse shoulder prosthesis: the american experience w *Rotator Cuff Deficiency of the Shoulder*,



- pod redakcją M. Frankle, New York 2008;76– 104
- [41] O. Levy, M. Pritsch, A. Oran, A. Greental A wide and versatile combined surgical approach to the shoulder. *J Shoulder Elb Surg*, 1999;8(6):658–659
- [42] R. Neviasser, T. Neviasser Lesions of musculotendinous cuff of shoulder: diagnosis and management. *Instr Course Lect*, 1981;1(30): 239- 275
- [43] IDOS- Innovative Design Orthopedics, Verso ® Shoulder Surgical Technique, 2005
- [44] S. Lephart, B. L. Riemann, F. Fu, Introduction to the sensorimotor system w Proprioception and Neuro Muscular Control in Joint Stability, pod redakcją S. Lephart, F. Fu Stany Zjednoczone Ameryki 2000;xvii-xxiv
- [45] A. Allen, Neuromuscular Contributions to Normal Shoulder Joint Kinematics w Proprioception and Neuro Muscular Control in Joint Stability pod redakcją S. Lephart, F. Fu, Stany Zjednoczone Ameryki 2000;109– 126
- [46] Z. Hanson, D. Stuart Animal solution to problems of movement control: The role of proprioception. *Anu Rev Neuro*, 1988;11:199–223
- [47] J. B. Myers, S. M. Lephart The Role of the Sensorimotor System in the Athletic Shoulder. *J Athl Train*, 2000;35(3): 351–363
- [48] B. Appleberg, M. Hulliger, H. Johansson, P. Sojka Excitation of dynamic fusimotor neurons of the cat triceps surae by contralateral joint afferents. *Brain Res* 1979;160(3):529–532
- [49] J. Giraldo, C. Fink, I. Vassilev, J. Warner, S. Lephart Overview of the Neuromuscular Control of the Shoulder. Its status in patients with degenerative joint disease and after shoulder arthroplasty w Proprioception and Neuro Muscular Control in Joint Stability pod redakcją S. Lephart, F. Fu, Stany Zjednoczone Ameryki 2000;339– 348
- [50] J. Pedersen, S. Dye Contribution of the Sensorimotor System to Joint Stability w Proprioception and Neuro Muscular Control in Joint Stability pod redakcją S. Lephart, F. Fu, Stany Zjednoczone Ameryki 2000;1–4
- [51] B. L. Riemann, S. M. Lephart The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*, 2002;37(1):71–79
- [52] B. L. Riemann, S. M. Lephart The sensorimotor system, Part II: The role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athl Train* 2002;37(1):80–84
- [53] P. Lubiawski, I. Olczak, E. Lisiewicz, M. Breborowicz, J. Dlugosz, M. Redman, P. Ogrodowicz, L. Romanowski Clinical and functional evaluation of patients after total elbow arthroplasty. *Pol Orthop Traumatol* 2013;78:53–58

- [54] S. D. Bot, C. B. Terwee, D. van der Windt, L. M. Bouter, J. Dekker, H. de Vet Clinimetric evaluation of shoulder disability questionnaires: a systematic review of the literature. *Ann Rheum Dis*, 2004;63:335–341
- [55] B. Salomonsson, S. Ahlström, N. Dalén, U. Lillkrona The western ontario shoulder instability index (WOSI): validity, reliability, and responsiveness retested with a Swedish translation. *Acta Orthop*, 2009;80(2): 233–238
- [56] C. Constant, C. Gerber, R. Emery, J. O. Søjbjerg, F. Gohlke, P. Boileau A review of the Constant score: Modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elb Surg*, 2008;17(2): 355–361
- [57] O. Levy, J. Walecka Current concepts in reverse shoulder arthroplasty. *Issues Rehabil Orthop Neurophysiol Sport Promot - IRONS*, 2016;15:7-23
- [58] O. Levy, J. Walecka, O. Tsvieli, G. Della Rotonda, R. Abraham, I. Polyzois Bilateral Reverse Total Shoulder Arthroplasty RTSA - Functional Outcome and Activities of Daily Living ADLs podczas kongresu 25th SECEC-ESSSE Istanbul, Turkey, 2014, PO–255.
- [59] M. Roga, P. Lubiowski, E. Lisiewicz, L. Romanowski Analysis of normal glenohumeral joint proprioception *Issues Rehabil. Orthop. Neurophysiol. Sport Promot. - IRONS*, 2013;5:15–30
- [60] P. Lubiowski, L. Romanowski, J. Kruczyński, W. Manikowski, M. Jaruga, Proprioception in pathophysiology and treatment of shoulder instability. *Ortop Traumatol Rehabil*, 2003;5(4):421–425
- [61] P. Lubiowski, P. Kaczmarek, M. Dzianach, P. Ogrodowicz, M. Bręborowicz, J. Długosz, E. Lisiewicz, L. Romanowski Clinical and biomechanical performance of patients with failed rotator cuff repair. *Int Orthop*, 2013;37:2395–2401
- [62] P. Lubiowski, J. Walecka, E. Lisiewicz, P. Kaczmarek, M. Grygorowicz, L. Romanowski, Validation fo shoulder proprioception evaluation with electronic goniometer podczas kongresu 25th SECEC-ESSSE Istanbul, Turkey, 2014
- [63] J. L. Giraldo, C. Fink, I. Vassilev, J. J. Warner, S. M. Lephart Overview of the neuromuscular control of the shoulder. Its status in patients with degenerative joint disease and after shoulder arthroplasty w *Proprioception and Neuro Muscular Control in Joint Stability*, pod redakcją S. Lephart, F. Fu, Stany Zjednoczone Ameryki 2000;339–345
- [64] P. Warren, T. Olanlokun, A. Cobb, G. Bentley Proprioception after knee arthroplasty. The influence of prosthetic design. *Clin Orthop Relat Res*, 1993;Dec(297) 82–187
- [65] L. Sharma, K. Holtkamp, W. Rymer Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis.

- Arth Rheum, 1997;40:1518–1525
- [66] S.-B. Ju, G. D. Park, S.S. Kim Effects of proprioceptive circuit exercise on knee joint pain and muscle function in patients with knee osteoarthritis J Phys Ther Sci, 2015;27:2439– 2441
- [67] F. Cuomo, M. G. Birdzell, J. D. Zuckerman The effect of degenerative arthritis and prosthetic arthroplasty on shoulder proprioception. J Shoulder Elb Surg, 2005;14(4)345–348
- [68] L. Garsden, J. E. Bullock-Saxton Joint reposition sense in subjects with unilateral osteoarthritis of the knee Clin Rehabil, 1999;13(2):148–155
- [69] L. M. Koralewicz, G. A. Engh Comparison of proprioception in arthritic and age-matched normal knees. J Bone Jt Surg Am, 2000;82-A(11):1582–1588
- [70] R. Melzack, P. Wall Pain mechanisms: A new theory. Science 1965;150:971- 979
- [71] O. Ciccarelli, A. Toosy, and J. Marsden Identifying brain regions for integrative sensorimotor processing with ankle move- ments. Exp Brain Res, 2005;166:31–42
- [72] G. Thickbroom, M. Byrnes, F. Mastaglia Dual representation of the hand in the cerebellum: activation with voluntary and passive finger movement. Neuroimage, 2003;18:670–674.
- [73] H. Reddy, A. Floyer, M. Donaghy, P. Matthews Altered cortical activation with finger movement after peripheral denervation: comparison of active and passive tasks. Exp Brain Res, 2001;138: 484–491
- [74] S. Hwang, P. Agada, S. Grill, T. Kiemel, J. Jeka A central processing sensory deficit with Parkinson’s disease. Exp Brain Res, 2016;234(8):2369-2379
- [75] G. Dos Santos, L. Salazar, A. Lazarin, T. de Russo Joint position sense is bilaterally reduced for shoulder abduction and flexion in chronic hemiparetic individuals. Top Stroke Rehabil, 2015;22(4):271– 280
- [76] E. Jankowska Interneuronal relay in spinal pathways from proprioceptors. Prog Neurobiol, 1992;38:335–379
- [77] P. Grigg, G. A. Finerman, H. R. Lee Joint-Position Sense after Total Hip Replacement. J Bone Jt Surg Am,1973;55(5):1016–1025
- [78] A. S. Rokito, M. G. Birdzell, F. Cuomo, M. J. Di Paola, J. D. Zuckerman Recovery of shoulder strength and proprioception after open surgery for recurrent anterior instability: A comparison of two surgical techniques. J Shoulder Elb Surg, 2010;19(4):564–569.
- [79] D. Walker, A. Struk, K. Matsuki, T. Wright, S. Banks How do deltoid muscle moment

- arms change after reverse total shoulder arthroplasty? *J Shoulder Elb Surg*, 2016;25(4): 581–588
- [80] B. Beynon, A. Renstrom, L. Konradsen, L. Elmqvist, D. Gottlieb, M. Driks Validation of techniques to measure knee proprioception Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability pod redakcją S. Lephart, F. Fu Stany Zjednoczone Ameryki 2000;127–138
- [81] S. M. Lephart, D. M. Pincivero, J. L. Giraldo, F. Fu The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sport Med*, 1997;25(1):130–137
- [82] S. Lephart, J. Wamer, P. A. Borsa, F. Fu Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders. *J Shoulder Elb Surg*, 1994;3(6): 371–380
- [83] R. Blasler, J. E. Carpenter, L. Huston Shoulder proprioception. Effect of joint laxity, joint position, and direction of motion. *Orthop Rev*, 1994;23(1):45–50
- [84] A. T. Collins, J. T. Blackburn, C. W. Olcott, D. R. Dirschl, P. S. Wienhold The effects of stochastic resonance electrical stimulation and neoprene sleeve on knee proprioception. *J Orthop Surg Res*, 2009;2(4):3
- [85] M. V Hurley, D. L. Scott Improvements in quadriceps sensorimotor function and disability of patients with knee osteoarthritis following a clinically practicable exercise regime. *Br J Rheumatol*, 1998;37:1181–1187
- [86] D. J. Goble, J. P. Coxon, N. Wenderoth, A. Van Impe, S. P. Swinnen Proprioceptive sensibility in the elderly: Degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. *Neurosci Biobehav Rev*, 2009;33(3):271–278
- [87] K. Yamaguchi, A. Tetro, O. Blam, B. Evanoff, S. Treefey, W. Middleton Natural history of asymptomatic rotator cuff tears, a longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J Shoulder Elb Surg*, 2001;10:199–203
- [88] S. Tempelhof, S. Rupp, R. Seil, Age-related prevalence of rotator cuff tears in asymptomatic shoulders. *J Shoulder Elb Surg*, 1999;8:296–299
- [89] F. Kaplan, J. Nixon, M. Reitz, L. Rindfleish, J. Tucker Age-related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthop Scand*, 1985;56(1):72–74
- [90] J. Jerosch Effects of shoulder instability on joint proprioception w Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability pod redakcją S. Lephart, F. Fu Stany Zjednoczone Ameryki 2000;247–264
- [91] S. Lippitt, J. Vanderhooft, S. Harris, J. Sidles, D. 2nd Harryman, F. 3rd Matsen Glenohumeral stability from concavity-compression: A quantitative analysis.

- J Shoulder Elb. Surg, 1993;2(1):27–35
- [92] K. L. Bennell, R. S. Hinman, B. R. Metcalf, K. M. Crossley, R. Buchbinder, M. Smith, G. Mccoll Relationship of knee joint proprioception to pain and disability in individuals with knee osteoarthritis. *J Orthop Res*, 2003;21:792–797
- [93] B. Hassan, S. Doherty, S. Mockett, and M. Doherty Effect of pain reduction on postural sway, proprioception, and quadriceps strength in subjects with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*, 2002;61:422–428
- [94] P. P. M. Schrama, M. S. Stenneberg, C. Lucas, E. van Trijffel Intraexaminer reliability of hand-held dynamometry in the upper extremity: A systematic review. *Arch. Phys Med Rehabil*, 2014;95(12): 2444–2469
- [95] H. Skinner, R. Barrack, J. S. Cook, Joint position sense in total knee arthroplasty. *J Orthop Res*, 1984;1: 276–283

## 12. Spis rycin

Rycina 1 Obraz RTG ( projekcja AP) zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych stawu ramiennego; widoczna utrata szpary stawowej, sklerotyzacja kości podchrzęstnej, olbrzymie osteofity, zachowana centralizacja stawu, bez górnej migracji głowy. Materiał własny.....	8
Rycina 2 Obraz RTG (projekcja Y) zaawansowanych zmian zwyrodnieniowych stawu ramiennego; widoczna utrata szpary stawowej, sklerotyzacja kości podchrzęstnej, olbrzymie osteofity, zachowana centralizacja stawu, bez górnej migracji głowy. Materiał własny.....	8
Rycina 3 Zaawansowane zmiany zwyrodnieniowe stawu ramiennego w badaniu rezonansu magnetycznego. Widoczny płyn w stawie, brak chrząstki na powierzchniach stawowych, osteofity, zachowane RC. Materiał własny.....	9
Rycina 4 Obraz anatomiczny pierścienia rotatorów. (SST- ścięgno mięśnia nadgrzebieniowego, IST- ścięgno mięśnia podgrzebieniowego, TMn- ścięgno mięśnia obłego mniejszego, SSCAP – ścięgno mięśnia podłopatkowego, LHB- głowa długa mięśnia dwugłowego). Rycina użyta za zgodą dr hab. n. med. Przemysława Lubiatowskiego [25]......	10
Rycina 5 Obraz RTG artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów. widoczna utrata szpary stawowej, sklerotyzacja kości podchrzęstnej, osteofity głowy kości ramiennej, górna migracja głowy kości ramiennej świadcząca o uszkodzeniu RC. Materiał własny.....	12
Rycina 6 Obraz MR artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów (projekcja AP). Widoczny płyn w stawie, brak chrząstki na powierzchniach stawowych, osteofity, zanik mięśni RC. Materiał własny. ....	12
Rycina 7 Obraz MR artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów ( projekcja horyzontalna). Widoczny płyn w stawie, brak chrząstki na powierzchniach stawowych, zanik mięśni RC. Materiał własny. ....	13
Rycina 8 Obraz MR artropatii stawu ramiennego w przebiegu uszkodzenia pierścienia rotatorów (projekcja strzałkowa). Widoczny zanik mięśni RC. Materiał własny.....	13
Rycina 9 Pseudoporażenie barku. Materiał własny. ....	14
Rycina 10 Pseudoporażenie barku- zakres ruchu odwiedzenia. Materiał własny.....	14
Rycina 11 Implant Verso, IDO. Publikacja za zgodą prof. Ofer Levy [43].....	16
Rycina 12 Projekcja RTG A-P barku endoprotezoplastyce odwróconej typu Verso, IDO. Materiał własny.....	16

Rycina 13 Schemat dostępu wg Neviaseera-MacKenziego. Ułożenie pacjenta w trakcie operacji. Ryciny wykorzystane za zgodą prof. Ofer Levy.....	26
Rycina 14 Zdjęcia śródoperacyjne z poszczególnych etapów endoprotezoplastyki VERSO (dostęp operacyjny, resekcja głowy kości ramiennej, opracowanie panewki, implantacja elementu ramiennego). Materiał własny.....	27
Rycina 15 Badanie siły izometrycznej w rotacji zewnętrznej. Materiał własny.....	32
Rycina 16 Badanie siły izometrycznej zgięcia. Materiał własny.....	32
Rycina 17 Badanie siły izometrycznej odwiedzenia. Materiał własny.....	33
Rycina 18 Pozycja pacjenta w trakcie badania EARJP zgięcia. Materiał własny. ....	36
Rycina 19 Badanie EARJP w rotacji zewnętrznej. Materiał własny. ....	36
Rycina 20 Porównanie otrzymanej punktacji poszczególnych skali oceny barku operowanego i nie operowanego w grupie RSA (ADLER - Activities of Daily Living Requiring External Rotation; ADLIER - Activities of Daily Living Requiring Internal and External Rotation ) .....	38
Rycina 21 Wyniki pomiaru zakresu ruchu czynnego barków w badaniu kontrolnym w grupie RSA. ....	39
Rycina 22 Wyniki siły barku mierzone za pomocą dynamometru izometrycznego [kG] u pacjentów z grupy RSA w barku operowanym i nieoperowanym.....	40
Rycina 23 Wkładka polietylenowa o kącie 10°. Rycina użyta za zgodą prof. Ofer Levy. ....	63
Rycina 24 Tor ruchu endoprotezy Verso. Rycina użyta za zgodą prof. Ofer Levy. ....	64

### 13. Spis tabel

Tabela 1 Kryteria włączenia do grupy RSA.....	24
Tabela 2 Kryteria wyłączenia z grupy RSA.....	24
Tabela 3 Kryteria włączenia do grupy kontrolnej.....	28
Tabela 4 Kryteria wyłączenia z grupy kontrolnej.....	28
Tabela 5 Średnie wartości błędu czynnego odtworzenia pozycji stawu w grupie RSA ( bark operowany- RSA, bark nieoperowany – NO) oraz w grupie kontrolnej (K). EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji stawu.....	42
Tabela 6 Porównanie wartości błędu odtworzenia w poszczególnych ruchach barku operowanego w grupie RSA w zależności od pozycji odniesienia. W tabeli podano wartość p testu Kruskal-Wallis Anova jeżeli występowały poniżej 0,05; n.i.- nieistotny statystycznie. ....	43
Tabela 7 Porównanie wartości błędu odtworzenia w poszczególnych ruchach barku przeciwnego grupy RSA w zależności od pozycji odniesienia. W tabeli podano wartość p testu Kruskal-Wallis Anova jeżeli występowały poniżej 0,05; n.i.- nieistotny statystycznie .....	44
Tabela 8 Porównanie wartości błędu odtworzenia w poszczególnych ruchach barków grupy kontrolnej w zależności od pozycji odniesienia. W tabeli podano wartość p testu Kruskal-Wallis Anova jeżeli występowały poniżej 0,05; n.i.- nieistotny statystycznie. ....	45
Tabela 9 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z wynikami skali ADLER (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości p <0,05).....	46
Tabela 10 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z wynikami skali ADLIER. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman) .....	47
Tabela 11 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z wynikami skali Constanta. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości p <0,05).....	48
Tabela 12 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z poziomem bólu w skali VAS (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości p <0,05).....	49
Tabela 13 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z zakresem ruchu (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; podkreślono wartości p <0,05).....	50
Tabela 14 Wyniki korelacji EARJP barku operowanego z siłą (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05)..	51



Tabela 15 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z wynikami skali ADLER. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05).....	52
Tabela 16 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z wynikami skali ADLIER. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05).....	53
Tabela 17 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z zakresem ruchu. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; ROM- zakres ruchu: Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05).....	54
Tabela 18 Wyniki korelacji EARJP barku nieoperowanego w grupie RSA z wynikami z jego siłą. (EARJP- błąd czynnego odtworzenia pozycji; Spearman R- współczynnik korelacji Spearman; p wartość <0,05).....	55

## 14. Aneksy

### 14.1. Aneks nr 1

Skala Constant

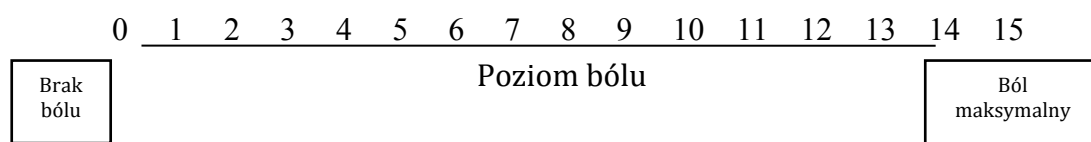
A. Ból (/15): ŚREDNIA (1+2)  A

1. Czy masz ból barku (podczas zwykłych czynności)?

Nie = 15 pkt. Lekki ból = 10 pkt. Umiarkowany = 5 pkt. Silny lub Stały = 0.

2. Skala liniowa:

Jeśli „0” określa brak bólu a „15” jest maksymalnym bólem, jakiego możesz doświadczyć, proszę zaznaczyć poziom bólu w Twoim barku. (Przyznane punkty są odwrotnością punktów zaznaczonych na skali. Np. poziom 5 na skali oznacza 10 punktów.) \_\_\_\_\_



B. Czynności życia codziennego (/20): SUMA (1+2+3+4)  B

1. Czy Twoja praca zawodowa lub życie codzienne jest ograniczone przez Twój bark?

Nie = 4 Umiarkowane ograniczenia = 2 Ogromne ograniczenia = 0 \_\_\_\_\_

2. Czy Twój wolny czas i czynności rekreacyjne są ograniczone przez Twój bark?

Nie = 4 Umiarkowane ograniczenia = 2 Ogromne ograniczenia = 0 \_\_\_\_\_

3. Czy Twój nocny sen jest zakłócany przez Twój bark?

Nie = 2 Czasami = 1 Tak = 0 \_\_\_\_\_

4. Określ do jakiego poziomu możesz używać ramienia do bezbolesnych i umiarkowanych czynności?

Talia = 2 Mostek = 4 Szyja = 6 Głowa = 8 Ponad głowę = 10 \_\_\_\_\_

C. Zakres ruchu ( ten punkt wypełnia lekarz/fizjoterapeuta) (/40):

SUMA (1+2+3+4)  C

1. Zgięcie do przodu: \_\_\_\_\_ (zaznacz jedno)

0-30° 0 pkt.

31-60° 2 pkt.

61-90° 4 pkt.

91-120° 6 pkt.

121-150 <sup>0</sup>	8 pkt.
>150 <sup>0</sup>	10 pkt.

2. Odwiedzenie: \_\_\_\_\_ (zaznacz jedno)

0 - 30 <sup>0</sup>	0 pkt.
31-60 <sup>0</sup>	2 pkt.
61-90 <sup>0</sup>	4 pkt.
91-120 <sup>0</sup>	6 pkt.
121-150 <sup>0</sup>	8 pkt.
>150 <sup>0</sup>	10 pkt.

3. Rotacja zewnętrzna (=suma pkt. poszczególnych pozycji) \_\_\_\_\_  
(zaznacz każdy ruch, który występuje)

Ręka za głowę i łokieć do przodu	2
Ręka za głowę i łokieć do tyłu	2
Ręka nad głowę i łokieć do przodu	2
Ręka nad głowę i łokieć do tyłu	2
Pełne uniesienie ramienia	2

4. Rotacja wewnętrzna (grzbietem ręki do) : \_\_\_\_\_

Uda	0
Pośladka	2
Stawu krzyżowo-biodrowego	4
Talii	6
Th 12	8
Między łopatkami	10

D. Siła odwiedzenia (/25): Punkty: ŚREDNIA (kg) x 2  D

I próba: \_\_\_\_\_ II próba: \_\_\_\_\_ III próba: \_\_\_\_\_

Średnia z prób:

---

SUMA (/100): A+B+C+D

## 14.2. Aneks nr 2

Skala ADLER

Aktywności życia codziennego wymagające rotacji zewnętrznej.

1. Czesanie włosów /3
2. Golenie się ( mężczyźni) / nakładanie makijażu ( kobiety) /3
3. Mycie zębów /3
4. Ubieranie się ( np. koszuli czy płaszcza bez pomocy drugiej osoby) /3
5. Nalewnie wody z pełnej butelki do szklanki ( siedząc przy stole) /3
6. Picie – uniesienie pełnej szklanki do ust
7. Jedzenie zupy łyżką /3
8. Uściśnięcie dłoni przy przywitaniu lub otwieranie drzwi / 3
9. Przyłożenie telefonu do ucha
10. Pisanie listu ( granie na instrumencie klawiszowym) /3

**SUMA/ 30 =**

Wszystkie czynności powinny być wykonane bez zginania szyi czy tułowia oraz bez unoszenie łokcia ( tzw objaw ??)

Skala punktacji:

- 0= nie możliwe do wykonania
- 1= bardzo trudne do wykonania
- 2= trochę trudne do wykonania
- 3= łatwe do wykonania

### 14.3. Aneks nr 3

#### Skala ADLIER

Aktywności życia codziennego wymagające rotacji wewnętrznej i zewnętrznej.

1. Czesanie włosów /3
2. Golenie się ( mężczyźni) / nakładanie makijażu ( kobiety) /3
3. Mycie zębów /3
4. Ubieranie się ( np. koszuli czy płaszcza bez pomocy drugiej osoby) /3
5. Nalewnie wody z pełnej butelki do szklanki ( siedząc przy stole) /3
6. Picie – uniesienie pełnej szklanki do ust
7. Jedzenie zupy łyżką /3
8. Uściśnięcie dłoni przy przywitaniu lub otwieranie drzwi / 3
9. Przyłożenie telefonu do ucha
10. Pisanie listu ( granie na instrumencie klawiszowym) /3
11. Sięgnięcie do tylnej przeciwnej kieszeni spodni
12. Umycie przeciwnego barku.

**SUMA / 36=**

Wszystkie czynności powinny być wykonane bez zginania szyi czy tułowia oraz bez unoszenie łokcia ( tzw objaw ??)

Skala punktacji:

- 0= nie możliwe do wykonania
- 1= bardzo trudne do wykonania
- 2= trochę trudne do wykonania
- 3= łatwe do wykonania