

# Trójpłaszczyznowa analiza ruchomości stawu ramiennego w zespole ciasnoty podbarkowej

## Analysis of Three-dimensional Motion of the Glenohumeral Joint in Impingement Syndrom

Jarosław Skolimowski<sup>1(A,B,D)</sup>, Ewa Demczuk-Włodarczyk<sup>2(B,D,E)</sup>, Katarzyna Barczyk<sup>2(B,C,F)</sup>, Joanna Anwajler<sup>2(B,F,G)</sup>, Beata Skolimowska<sup>2(F,G)</sup>

<sup>1</sup> Oddział Ortopedyczno Urazowy, WSS, Legnica

<sup>1</sup> Trauma & Orthopedic Department, Regional Specialised Hospital, Legnica

<sup>2</sup> Katedra Fizjoterapii, AWF, Wrocław

<sup>2</sup> Department of Physiotherapy, University School of Physical Education, Wrocław

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Zespół ciasnoty podbarkowej (ZCP) jest jedną z najczęstszych przyczyn postępującej dysfunkcji stawu barkowego. Celem pracy była ocena zmian w ruchomości czynnej stawu u osób z ZCP oraz próba ustalenia korelacji pomiędzy wielkościami kątowymi poszczególnych zakresów ruchu.

**Materiał i metody.** Badaniom poddano 58 osób w wieku 24-85 lat leczonych w okresie od 2004 do 2006 r. z rozpoznaniem ZCP. Średni czas trwania choroby wynosił 40 miesięcy. Badanie porównawcze ruchomości czynnej po stronie zdrowej i chorej przeprowadzono wg metody SFTR.

**Wyniki.** Porównanie wartości średnich zakresów ruchu, wskazuje na znaczące ograniczenie ruchomości czynnej chorego stawu barkowego. Największy ubytek ruchomości zanotowano w zakresie rotacji zewnętrznej. Ponadto stwierdzono statystycznie istotną korelację między wartościami kątowymi rotacji zewnętrznej a wielkościami pozostałych badanych zakresów ruchu.

**Wnioski.** 1. Zespół ciasnoty podbarkowej jest schorzeniem występującym blisko dwukrotnie częściej u kobiet niż u mężczyzn i dotyczy przede wszystkim kończyny dominującej. 2. Ograniczenia zakresów ruchów czynnych dotyczą wszystkich badanych typów ruchu, a w szczególności rotacji zewnętrznej, która jest najważniejszym wskaźnikiem dysfunkcji stawu barkowego u osób z zespołem ciasnoty podbarkowej. 3. Wielkość rotacji zewnętrznej w istotny sposób wpływa na wartości kątowe pozostałych zakresów ruchu za wyjątkiem prostowania ramienia.

**Słowa kluczowe:** zespół ciasnoty podbarkowej, trójpłaszczyznowa analiza ruchomości

### SUMMARY

**Background.** Impingement syndrome (IS) is one of the most common causes of progressive dysfunctions of the shoulder joint. The aim of the study was to evaluate the changes in the joint's mobility in patients with IS and to find correlations between the angular values of particular motion ranges.

**Material and methods.** The study involved 58 people aged 24-85 years, treated for IS from 2004 to 2006. The average duration of the disease was 40 months. A comparative examination of active mobility on the healthy and affected side was carried out according to the SFTR method.

**Results.** A comparison of mean values of the motion ranges indicated significant limitations of active mobility in the affected shoulder. The greatest mobility deficit was found in the external rotation range. Moreover, there was a statistically significant correlation between the angular values of internal rotation and the values of the remaining motion ranges.

**Conclusions.** 1. The impingement syndrome is a condition that occurs nearly twice as often in women and most often affects the dominant limb. 2. The limitations of active mobility ranges concern all of types of movement examined, and especially external rotation, which is the most important indicator of dysfunction of the shoulder joint in people with the impingement syndrome. 3. The values of the external rotation range have a significant influence on the values of the remaining motion ranges, with the exception of the arm extension range.

**Key words:** impingent syndrome, analysis of three-dimensional motion

## WSTĘP

Kończyna górna jest otwartym łańcuchem biokinematycznym, w którym stawy wchodzące w skład obręczy barkowej z punktu widzenia czynnościowego stanowią najważniejsze ognisko. Wynika to z faktu, że ruch przestrzenny ramienia dokonuje się w obszarze większym niż połowa kuli i jest ściśle zsynchonizowany z położeniem ręki, co zapewnia możliwość skoordynowanych i wyspecjalizowanych ruchów [1]. Jest to możliwe jedynie w przypadku prawidłowego wzajemnego współdziałania wszystkich struktur anatomicznych tworzących obręcz barkową, gdyż zakresy ruchów całego zespołu wykraczają poza zakresy ruchów poszczególnych stawów. Jedną z najczęstszych przyczyn zespołów bólowych barku prowadzących do znacznego ograniczenia jego ruchomości czynnej jest zespół ciasnoty podbarkowej. Pojęcie to wprowadził Neer dla opisania mechanicznego konfliktu, jaki dokonuje się w przestrzeni podbarkowej pomiędzy sklepieniem kruczo-barkowym utworzonym przez wyrostki kruczy i barkowy oraz łączące je więzadło kruczo-barkowe a stożkiem rotatorów, kaletką podbarkową, ścięgнем głowy długiej mięśnia dwugłowego ramienia i głową kości ramiennej [2]. Kompresja ścięgna mięśnia nadgrzebieniowego prowadzi do zmian krwotocznych i obrzęków w jego krytycznej części, a następnie do zmian degeneracyjnych i w końcowym efekcie do mechanicznego uszkodzenia struktur pierścienia rotatorów, co skutkuje osłabieniem funkcji stawu barkowego i dolegliwościami bólowymi.

### **Anatomia i biomechanika kompleksu barkowego**

Od czasu kiedy Dempster wprowadził pojęcie kompleksu barkowego dla określenia złożonych struktur anatomicznych obręczy barkowej, termin ten stał się obowiązujący w literaturze zajmującej się problematyką stawu barkowego [3]. Uważał on, że mechanizm ruchu barku powinien być badany jako funkcja kompleksowo działających trzech różnych stawów anatomicznych: ramennego, mostkowo-obojczykowego i barkowo-obojczykowego. Dalsze badania nad biomechaniką stawu barkowego pozwoliły na sformułowanie pojęcia stawu czynnościowego w odniesieniu do stawu łopatkowo-piersiowego, sklepienia kruczo-barkowego i stożka rotatorów, pochewki ścięgna głowy długiej m. dwugłowego ramienia i więzadła kruczo-obojczykowego [4,5].

Rola i udział poszczególnych stawów w ruchomości całego kompleksu barkowego przedstawia się następująco. W obu stawach obojczykowych ruchy dokonują się dookoła trzech prostopadłych osi i są to ruchy: unoszenia, opadania, przemieszczenia do przo-

## BACKGROUND

The upper limb is an open biokinematic chain, where the joints of the shoulder girdle are the most important elements from a functional point of view. This results from the fact that the arm's motion range is larger than half a sphere and is closely synchronised with the hand's position, which allows coordinated and specialised movements [1]. It is possible only in the case of appropriate interaction of all anatomical structures making up the shoulder girdle as the motion ranges of the entire system exceed the motion ranges of particular joints. The impingement syndrome is one of the most common causes of shoulder pain, leading to a considerable limitation of the joint's mobility. The concept of impingement syndrome was introduced by Neer [2] to describe a mechanical conflict in the shoulder space between the coracoacromial arch, formed by the acromion and coracoid process and the coracoacromial ligament, which connects the two, and the rotator cuff, subacromial bursa, tendon of the long head of the arm's biceps muscle and the head of the humeral bone. Compression of the tendon of the supraspinatus muscle leads to haemorrhages and oedema in its critical section, then to degenerative changes and, consequently, to mechanical damage to the rotator cuff, causing functional impairment of the shoulder joint and pain.

### **Anatomy and biomechanics of the shoulder complex**

Since Dempster [3] introduced the notion of shoulder complex in order to describe the anatomical structures forming the shoulder girdle, the term has become mandatory in literature dealing with the shoulder joint. Dempster believed that the mechanism of motion in the shoulder joint should be studied as a function of three different joints: humeral, sternoclavicular and acromioclavicular. Further studies of the biomechanics of the shoulder joint led to the adoption of the term functional joint in relation to the thoracoscapular joint, the coracoacromial arch and the rotator cuff, sheath of tendon of the long head of the arm's biceps muscle and coracoacromial ligament [4,5].

The role of particular joints in mobility of the entire shoulder complex is as follows: in both clavicular joints movement takes place around three perpendicular axes and the movements are those of elevation, depression, forward and backward motion, and anterior and posterior rotation [3,6,7]. The stern-

du i do tyłu oraz rotacji przedniej i tylnej [3,6,7]. Staw mostkowo obojczykowy wykazuje zdecydowanie większą mobilność, a jego zakresy ruchu oraz ich bierna stabilizacja przedstawiono poniżej [7]:

- odwiedzenie (50) – jest ograniczane przez więzadło żebrowo-obojczykowe,
  - przywiedzenie (5) – jest ograniczane przez więzadło międzyobojczykowe,
  - zginanie (25) – jest ograniczane przez tylne więzadło mostkowo-obojczykowe i więzadło międzyobojczykowe,
  - prostowanie (35) – jest ograniczane przez przednie więzadło mostkowo-obojczykowe i więzadło żebrowo-obojczykowe,
  - rotacja zewnętrzna (10) i wewnętrzna (45) – jest ograniczona przez więzadło żebrowo-obojczykowe.
- Staw barkowo-obojczykowy wykazuje zdecydowanie mniejsze zakresy ruchomości.

Z punktu widzenia biomechaniki całego kompleksu najistotniejsze znaczenie mają ruchy:

- odwiedzenie (35)
- rotacji wewnętrznej i zewnętrznej (20-30).

Zasadniczą rolę stabilizującą w tym stawie pełnią więzadła barkowo-obojczykowe i kruczo-obojczykowe [7,8,9].

Należy jednak pamiętać, że większość ruchów w obu stawach dokonuje się jednocześnie i pozostaje w ścisłym związku z ruchem łopatki i stawu ramiennego [10,11]. Zależność tę widać w czasie wykonywania ruchu unoszenia ramienia, kiedy to dochodzi do rotacji wewnętrznej obojczyka. W trakcie pierwszych  $40^{\circ}$  uniesienia obojczyk ulega zrotowaniu o  $10^{\circ}$ , następnie przez kolejne  $90^{\circ}$  pozostaje w dotychczasowym położeniu, aż do momentu gdy ramię osiągnie kąt  $135^{\circ}$ . Dopiero w końcowej fazie ruchu obserwujemy zwiększenie rotacji o kolejne  $15-20^{\circ}$ . Równocześnie dochodzi do odwiedzenia obojczyka o ok.  $30^{\circ}$ . Większość badaczy uważa, że opisana ruchomość obojczyka, szczególnie jego rotacja ma fundamentalne znaczenie dla funkcji całego kompleksu barkowego i umożliwia tak duży zakres jego ruchomości [6,7,11,12]. Staw ramienny podobnie jak oba poprzednio wymienione stawy anatomiczne posiada trzy stopnie swobody, pozwalające na wykonywanie ruchów w trzech prostopadłych względem siebie płaszczyznach, co w efekcie daje możliwość ruchów przestrzennych tzw. obwodzenia ramienia. Aby było to możliwe konieczne jest wzajemne współdziałanie całego kompleksu barkowego, ujawniające się w czasie ruchu unoszenia ramienia. Ruch ten ma największe znaczenie funkcyjonalne i dokonuje się w wielu możliwych płaszczyznach pomiędzy płaszczyzną czołową a strzałkową, zwykle jednak ok.  $20-30$  od płaszczyzny strzałkowej. Dla zrozumienia złożo-

oclavicular joint has definitely greater mobility [7] and its motion ranges and their passive stabilisation are presented below:

- abduction (50) – is limited by the costoclavicular ligament,
- adduction (5) – is limited by the interclavicular ligament,
- flexion (25) – is limited by the posterior sternoclavicular ligament and interclavicular ligament,
- extension (35) – is limited by the anterior sternoclavicular ligament and costoclavicular ligament,
- external rotation (10) and internal (45) rotation – is limited by the costoclavicular ligament.

The acromioclavicular joint has definitely smaller motion ranges. From the point of view of biomechanics of the entire complex, most important are the movements of:

- abduction (35),
- anterior and posterior rotation (20-30).

A significant stabilising role in this joint is played by the acromioclavicular and coracoclavicular ligaments [7,8,9].

However, it should be remembered that most movements in both joints occur simultaneously and are closely connected with movements of the scapula and shoulder joint [10,11]. This correlation may be observed while lifting the arm, when the anterior part of the clavicle is rotated. In the first  $40^{\circ}$  of this movement, the clavicle is rotated by  $10^{\circ}$ , then for the next  $90^{\circ}$  it remains in its previous position until the arm reaches the angle of  $135^{\circ}$ . Only in the last phase does the rotation increase by another  $15-20^{\circ}$ . At the same time the clavicle is lifted by  $30^{\circ}$ . Most researchers think that this mobility of the clavicle, especially its rotation, plays a fundamental role in the function of the entire shoulder complex and accounts for the considerable mobility range of the shoulder [6,7,11,12]. The humeral joint, just as both previously mentioned joints, has three degrees of freedom, allowing movements in three planes perpendicular to one another, which results in the arm's ability to perform three-dimensional movements. To make that possible, the whole complex needs to co-operate, which is manifested when the arm is raised. This movement is the most important one functionally and takes place in many possible planes between the sagittal and frontal plane, yet it is usually accomplished approx. 20-30 away from the sagittal plane. In order to understand the complexity of this problem, it is worthwhile to invoke the so called Codman paradox [13]: if in a resting position of the arm, the movement of forward flexion by  $90^{\circ}$  is performed, followed by abduction by  $90^{\circ}$  and return to the initial position, there has been external rotation even if that movement was not

zoności tego ruchu warto przypomnieć tzw. paradoks Codmana [13]. Polega on na tym, że jeśli z pozycji spoczynkowej kończyny wykonamy kolejno ruch zgęścia do przodu do 90°, a następnie odwiedzenia do 90° i wróćmy do pozycji wyjściowej to stwierdzimy, że ramię uległo rotacji zewnętrznej mimo, że ruch ten był niezamierzony. Wyjaśnienie tego zjawiska jest możliwe w oparciu o tzw. przestrzenną trójpłaszczyznową analizę ruchomości barku, która przedstawia ruch unoszenia jako sekwencję następujących po sobie ruchów rotacyjnych, dokonujących się dookoła trzech wzajemnie prostopadłych osi (Ryc. 1).

Wychodząc z pozycji spoczynkowej kończyny obserwujemy następujące składowe ruchu unoszenia. Jako pierwszy pojawia się ruch rotacji ramienia dookoła osi x wyznaczający płaszczyznę, w której nastąpi uniesienie. Następnie ruch odbywa się dookoła osi z i jest właściwym unoszeniem, które kończy się po osiągnięciu zamierzonego kąta. Wtedy ponownie obserwujemy ruch rotacji wzdłuż osi x kończący cały proces [13,14]. Klasycznym przykładem obrazującym złożoność ruchu unoszenia w życiu codziennym jest sięganie do półki położonej nad głową. Należy podkreślić, że przestrzenny efekt unoszenia ramienia jest uwarunkowany zachowaniem właściwej sekwencji jego składowych [13]. Jej odwrócenie i np. wykonanie w pierwszej kolejności rotacji wzdłuż osi z, a następnie x przy zachowanych wielkościach kątowych prowadzi do zupełnie innego ułożenia przestrzennego kończyny, co ilustruje Rycinę 2.

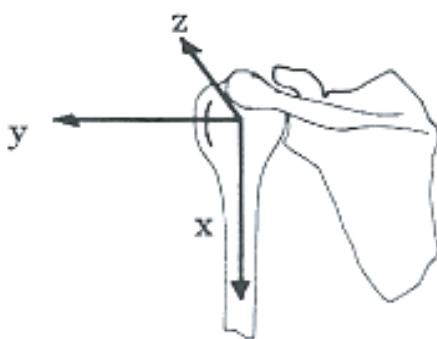
Kolejnym problemem jest ocena stopnia udziału ruchomości stawu ramiennego w stosunku do całkowitego zakresu ruchu, jaki może być osiągnięty w wyniku koordynacji ruchowej całego kompleksu barkowego. Istnieją duże rozbieżności w ocenie wielkości kątowych będących wynikiem izolowanego ruchu w stawie ramiennym. Początkowo uważano, że ruch unoszenia ramienia do 90° dokonuje się wyłącznie w stawie ramiennym [15]. Późniejsze badania przeprowadzone na zwłokach wykazały, że czysty ruch w stawie ramiennym możliwy jest jedynie w zakresie 60°. Obecnie dominuje pogląd, że odwiedzenie w stawie ramiennym jest możliwe do kąta 30°, a zgęście do 60° [16,17], dalszy ruch jest możliwy jedynie przy współudziale obu stawów obojczykowych i łopatki. Wzajemne relacje między stawem ramiennym a łopatkowo-żebrowym określono mianem rytmu łopatkowo-ramiennego [15,16,17,18,19,20] i obliczono, że stosunek ruchu w stawie ramiennym do ruchu w stawie łopatkowo-żebrowym w trakcie unoszenia ramienia wynosi 2:1 i mimo, że nie jest to zależność liniowa gdyż stosunek ten ulega zmianie na poszczególnych etapach ruchu to w efekcie końcowym udział stawu ramiennego w trakcie unoszenia wynosi 120°,

intentional. This phenomenon may be explained by three-dimensional analysis of shoulder mobility, which presents the movement of elevation as a sequence of consecutive rotations, occurring about the three mutually perpendicular axes (Fig. 1).

Beginning with the arm in the initial resting position, the components of an elevation movement follow a particular sequence. First is rotation about the x axis, which determines the plane in which the elevation will occur. This is followed by rotation about the z axis, which is elevation proper that ends when the desired angle is reached. Finally, rotation occurs about the x axis [13,14]. A classic example representing the complexity of that movement in everyday life is reaching up towards a shelf located above one's head. It should be emphasised that the spatial effect of arm elevation depends on maintaining the right sequence of its elements [13]. Inversion of the sequence, for example by starting with a rotation about the z axis and then about the x axis without changing the respective angular values, leads to a completely different position of the arm, which is presented in Figure 2.

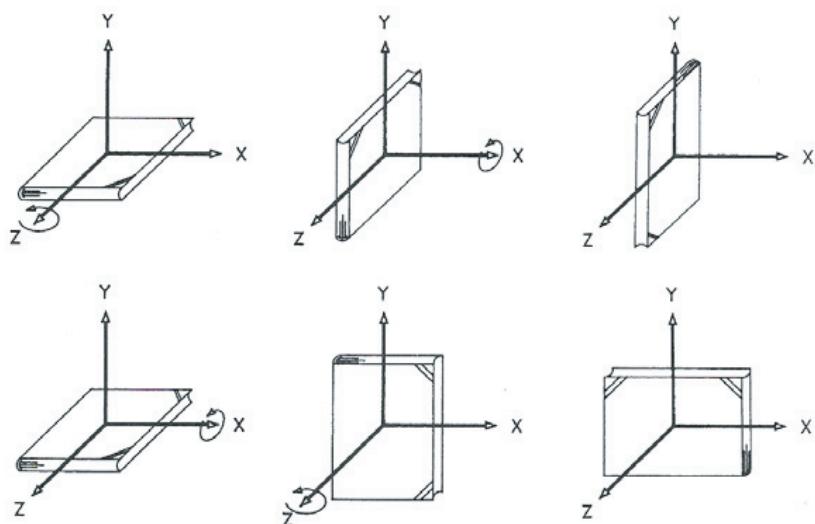
Another problem is to evaluate the degree of participation of the humeral joint's mobility in the total mobility range that may be achieved as a result of co-ordination of the entire shoulder complex. There are many discrepancies concerning the angular values resulting from an isolated movement in the humeral joint. It was initially believed that elevation of the arm to 90° involves only the humeral joint [15]. However, further studies showed that movement involving that joint is possible only for a range of up to 60°. At present the most popular opinion is that the range of abduction in the humeral joint is only up to 30° and that of flexion is up to 60° [16,17], and further movement is possible only with co-operation of both clavicular joints and the scapula. The correlations between the humeral joint and the costoscapular joint have been described as the humeroscapular rhythm [15-20] and it has been calculated that the ratio of the motion in the humeral joint and the motion in the costoscapular joint during an arm elevation movement is 2:1 and, even though this is not a linear correlation, as this ratio varies with particular stages of the motion, in the final stage the participation of the humeral joint is 120° and that of the costoscapular joint, 60°. It is so because during an elevation movement the scapula's position changes in relation to the thorax [16]. The scapula rotates about three axes:

- upwards rotation about the sagittal axis (50°),
- external rotation about the long axis (25°),
- backwards rotation in relation to the perpendicular axis (30°).



Ryc. 1. Trójpłaszczyznowy schemat ruchomości barku: z – oś prostopadła do płaszczyzny łopatki, x – oś zgodna z osią kości ramiennej, y – oś prostopadła do obu poprzednich

Fig. 1. Three-dimensional diagram of the shoulder's mobility: z – the axis perpendicular to the scapula, x – the axis compatible with the humeral axis, y – the axis perpendicular to x and z



Ryc. 2. Przykład zmian w położeniu przestrzennym w zależności od sekwencji wykonywanych ruchów

Fig. 2. Spatial position of the arm depending on the sequence of movements

a łopatkowo-żebrowego 60. Dzieje się tak dlatego, że w trakcie trwania ruchu unoszenia dochodzi do zmiany położenia łopatki względem klatki piersiowej [16]. Ulega ona rotacji względem trzech osi:

- rotacji ku górze, względem osi strzałowej (50)
- rotacji zewnętrznej wzduł osi długiej (25)
- rotacji ku tyłowi w stosunku do osi poprzecznej (30).

Skutkiem tego w końcowej fazie unoszenia kąt górny łopatki zbliża się do kręgosłupa, dolny przesuwa bocznio i do przodu, a panewka stawowa kieruje się ku górze co zapewnia oparcie dla głowy kości ramiennej. Należy przypomnieć, że w tym samym czasie obserwujemy opisane wcześniej ruchy rotacji osiowej obojczyka i jego uniesienie. Szczególną rolę

As a result, in the final phase of the movement, the upper angle of the scapula is close to the spine, the lower angle is shifted laterally and forwards, and the cotyloid cavity is moved upwards, which provides support for the humeral head. It should be remembered that the aforementioned movements of clavicular rotation and elevation of the clavicle also occur at the same time. An important role is played here by the sternoclavicular joint, because, as research shows, its stiffening makes it impossible for the shoulder joint to be moved above 90. This correlation of the mobility of these four joints influencing the mobility of the entire shoulder girdle allows compensatory mechanisms to develop if one of these joints is functionally impaired [19].

odgrywa tu staw mostkowo-obojczykowy, gdyż jak wykazują badania jego usztywnienie uniemożliwia ruch barku powyżej 90°. Taka wzajemna korelacja ruchomości czterech stawów wpływająca na ruchomość całej obręczy barkowej pozwala na rozwinięcie mechanizmów kompensacyjnych w razie upośledzenia funkcji jednego z nich [19].

#### *Cel pracy*

Celem pracy jest badanie porównawcze różnic w zakresach ruchów czynnych chorego i zdrowego stawu barkowego dla oceny stopnia upośledzenia ruchomości w poszczególnych płaszczyznach oraz próba ustalenia korelacji pomiędzy wielkościami kątowymi poszczególnych zakresów ruchu i ich wpływu na efekt przestrzennego położenia kończyny górnej w oparciu o trójplaszczyznową analizę ruchomości.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniom poddano 58 osób (39 kobiet i 19 mężczyzn), w wieku od 24 do 85 lat (średnio 56 lat) leczonych w okresie od roku 2004 do 2006 w Poradni Urazowo-Ortopedycznej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. J. Iwaszkiewicza w Legnicy z powodu zespołu ciasnoty podbarkowej. W 57 przypadkach zmianami chorobowymi objęty był jeden bark, w 1 przypadku dolegliwości występowały obustronnie.

Podstawowe parametry charakteryzujące badanych pacjentów przedstawiono w Tabeli 1.

Jak wynika z analizy powyższych parametrów w większości przypadków (67,2%) zmiany chorobowe dotyczyły kończyny dominującej, średni czas trwania dolegliwości wynosił 40 miesięcy. Większość badanych osób była leczona zachowawczo, głównie za-

#### *Aims*

The aim of the study was to compare changes in the mobility range of the shoulder joint in patients with IS and in healthy patients and the degree of mobility impairment in particular planes as well as to find correlations between angular values of particular motion ranges and their influence on the spatial position of the upper limb based on the three-dimensional analysis of mobility.

## MATERIAL AND METHODS

The study enrolled 58 people (39 women and 19 men) aged 24-85 (mean age 56), treated for IS in the Trauma & Orthopaedic Department of J. Iwaszkiewicz Regional Specialised Hospital in Legnica from 2004 to 2006. Fifty-seven patients had unilateral IS and one had bilateral impingement syndrome.

Basic patient characteristics are presented in Table 1.

As the analysis of the parameters shows, in the majority of the patients (67.2%) IS affected the dominant limb, and the mean duration of the disease was 40 months. Most of the patients were conservatively treated, mainly with physiotherapeutic procedures (72.4%) and non-steroidal anti-inflammatory drugs (67.2%). The results also show improvements of



Ryc. 3 Struktura badanej grupy pacjentów pod względem płci

Fig. 3. Gender breakdown of the study group

Tab 1. Charakterystyka badanych pacjentów

Tab. 1. Basic patient characteristics

Parametr Parameter	Kobiety Women <i>N</i> = 39 (100%)	Mężczyźni Men <i>N</i> = 19 (100%)	Razem Total <i>N</i> = 58 (100%)
Liczba pacjentów (odsetek), u których dominująca jest kończyna lewa Patients with dominant left limb	6 (15.4%)	1 (5.3%)	7 (12.1%)
Liczba pacjentów (odsetek), u których chorą była kończyna lewa Patients with affected left limb	17 (43.6%)	9 (47.4%)	26 (44.8%)
Liczba pacjentów (odsetek), u których chorą była kończyna prawa Patients with affected right limb	23 (59.0%)	10 (52.6%)	33 (56.9%)
Patients with affected dominant limb	29 (74.4%)	10 (52.6%)	39 (67.2%)
Liczba pacjentów (odsetek), u których chorą była kończyna dominująca			
Czas trwania choroby/Disease duration [miesiące/months]:	44.2	31.3	40.1
Średnia/mean $\bar{x}$	50.0	57.3	52.2
odch. stand. S/standard deviation	24	6	12
mediana/median $x_{Me}$	3	1	1
wartość min./minimal value $x_{min}$	240	180	240
wartość max./maximal value $x_{max}$			
Dotychczasowe leczenie/Previous treatment:			
Nieleczyony/no treatment	4 (10.3%)	0 (0.0%)	4 (6.9%)
Nlpx/NSAIDs	26 (66.7%)	13 (68.4%)	39 (67.2%)
iniekcje sterydowe/steroid injections	11 (28.2%)	8 (42.1%)	19 (32.8%)
fizykoterapia/physical therapy	29 (74.4%)	13 (68.4%)	42 (72.4%)
Wyniki leczenia/Treatment results:			
całkowite ustąpienie dolegliwości complete regression of symptoms	2 (5.1%)	0 (0.0%)	2 (3.4%)
długotrwała poprawa (kilka mies.)/long-term improvement (months)	4 (10.3%)	0 (0.0%)	4 (6.9%)
kilkutygodniowa poprawa few-weeks' improvement	10 (25.6%)	3 (15.8%)	13 (22.4%)
kilkudniowa poprawa few-days' improvement	13 (33.3%)	6 (31.6%)	19 (32.8%)
brak efektu/no effect	6 (15.4%)	8 (42.1%)	14 (24.1%)

biegami fizjoterapeutycznymi (72,4%) i niesterydowymi lekami przeciwwzpalnymi (67,2%), a wyniki stosowanego leczenia świadczą w 56% o zaledwie kilkudniowym lub całkowitym braku poprawy po leczeniu.

Pomiaru zakresów ruchu dokonano wg metody SFTR opublikowanej i zalecanej przez Międzynarodowe Towarzystwo Standaryzacji Pomiarów Ortopedycznych [10]. Analizę statystyczną przeprowadzono przy pomocy arkusza kalkulacyjnego EXCEL i programu STATISTICA.

1. Dla wszystkich parametrów ilościowych sprawdzono zgodność ich rozkładu z rozkładem normalnym. Ocenę zgodności przeprowadzono testem chi-kwadrat oraz testem Shapiro-Wilka. Jako krytyczny poziom istotności przyjęto  $p = 0,05$ .
2. Dla wszystkich parametrów obliczono następujące statystyki opisowe: średnią arytmetyczną ( $\bar{x}$ ), medianę ( $x_{Me}$ ), minimum ( $x_{min}$ ), maksimum ( $x_{max}$ ) i odchylenie standardowe ( $S$ ).

only a few days' duration or no improvement at all in 56% of the patients.

Ranges of motion were examined according to the SFTR method, recommended by the International Society for Measurement Standardisation in Orthopaedics [10]. The statistical analysis was carried out with EXCEL and STATISTICA software.

1. For distributions of all quantitative parameters, their conformity with a normal distribution was examined with the chi-square test and Shapiro-Wilk test at a significance level of  $p = 0.05$ .
2. The following values were calculated for all parameters: arithmetic mean ( $\bar{x}$ ), median ( $x_{Me}$ ), minimal value ( $x_{min}$ ), maximal value ( $x_{max}$ ), and standard deviation ( $S$ ).
3. The significance of differences between means in both groups for parameters consistent with a normal distribution and same variances was examined by means of the t-Student test. Variance homogeneity was evaluated by means of the Bartlett test.

3. Istotność różnic wartości średnich w dwóch populacjach, dla parametrów o rozkładzie normalnym i o jednakowych wariancach, sprawdzono testem t-Studenta. Jednorodność wariancji sprawdzono testem Bartletta.
4. Istotność różnic wartości średnich w dwóch populacjach, dla parametrów powiązanych o rozkładzie różnym od normalnego lub o niejednorodnych wariancach, sprawdzono nieparametrycznym testem kolejności par Wilcoxona.
5. Hipotezę o równości analizowanych parametrów po stronie zdrowej i chorzej weryfikowano testem t- Studenta

## WYNIKI

Porównanie wartości średnich zakresów ruchu obliczonych dla poszczególnych typów ruchu pomiędzy stroną zdrową i chorą wskazuje na znaczące ograniczenie ruchomości czynnej chorego stawu barkowego ( $p<0,0001$ ) u osób z zespołem ciasnoty podbarkowej. Największy ubytek ruchomości zanotowano w zakresie rotacji zewnętrznej, której wartość średnia wyniosła  $51^\circ$ , co stanowi zaledwie 66% wartości prawidłowej. W dalszej kolejności największy deficyt występował w zakresach ruchów: prostowania, rotacji wewnętrznej i odwiedzenia i wynosił odpowiednio 38,4%; 31,3% i 26,0% w stosunku do norm fizjologicznych. Najmniejszy ubytek w stosunku do przyjętych norm stwierdzono w zakresach ruchów: zginania (18,4%), zginania poziomego (15,6%) i prostowania poziomego (23,4%).

Zwraca uwagę również fakt, że w badanej grupie występowały osoby, u których stwierdzono całkowity brak czynnej rotacji zewnętrznej, o czym świadczą uzyskane wartości minimalne dla tego zakresu ruchu (Tab. 2).

W toku dalszych badań, przyjmując za punkt wyjścia paradoks Codmana oraz trójpłaszczyznowy schemat ruchomości barku, podkreślających znaczenie ruchu rotacji dla uzyskania zamierzzonego efektu przestrzennego położenia kończyny, zbadano zależności pomiędzy wielkością rotacji zewnętrznej i rotacji wewnętrznej a wielkościami pozostałych zakresów ruchu.

Analiza wyników pomiarów ruchomości kończyny chorej wykazała, że istnieje statystycznie istotna ( $p<0,05$ ) korelacja między wielkością kątową rotacji zewnętrznej, a wielkościami pozostałych badanych zakresów ruchu, za wyjątkiem ruchu prostowania. Największa współzależność wystąpiła pomiędzy zakresem odwiedzenia i rotacji zewnętrznej ramienia. Nie stwierdzono istotnej statystycznie korelacji pomiędzy wielkością rotacji wewnętrznej a zakresami pozostałych ruchów.

4. The significance of differences between means in both groups for parameters consistent with a non-normal distribution and with non-homogeneous variances, was examined by means of the non-parametric Wilcoxon test.
5. Equality of the parameters on the healthy and affected side was verified by means of the t-Student test.

## RESULTS

A comparison of the mean ranges of motion calculated for individual types of movements between the healthy and affected side indicated a significant limitation of active mobility in the affected shoulder joint ( $p<0,0001$ ) in patients with impingement syndrome. The greatest loss of mobility was recorded for external rotation, which was 51, representing only 66% of the normal value. The following types of movements also showed marked impairment: extension, internal rotation and abduction, with 38.4%, 31.3% and 26% of normal values, respectively. The least degree of impairment was seen in the case of flexion (18.4%), horizontal flexion (15.6%), and horizontal extension (23.4%).

It should also be underlined that in the group included patients who had no active external rotation, as confirmed by the determination of minimal values for this movement.

Next, assuming Codman paradox and the 3D scheme of shoulder joint mobility, which emphasise the importance of rotation for obtaining the intended spatial position of the limb, as starting points, we examined the correlations between the size of internal and external rotation and the degrees of the remaining ranges of motion.

The analysis of the measurements of mobility of the affected limb showed a statistically significant correlation ( $p<0.05$ ) between the external rotation value and the values of the remaining types of movements. The strongest correlation occurred between the ranges of abduction and external rotation. No statistically significant correlation was found between the internal rotation value and the values calculated for the remaining types of movement.

Tab. 2. Results of measurements of mobility ranges of the shoulder joint [°]

Tab. 2. Wyniki pomiarów zakresów ruchomości stawu barkowego [°]

<b>Ruch Motion</b>	<b>Statystyka Statistic</b>	<b>Bark chory Affected shoulder</b>	<b>Bark zdrowy Healthy shoulder</b>
Odwiedzenie <i>Abduction</i>	Średnia $\bar{x}$ / Mean $\bar{x}$	133,8	148,1
	Odchylenie standardowe S / Standard deviation S	32,4	28,8
	Mediana $x_{Me}$ / Median $x_{Me}$	135	155
	Wartość minimalna $x_{min}$ / Minimum value $x_{min}$	65	65
Zginanie <i>Flexion</i>	Wartość maksymalna $x_{max}$ / Maximum value $x_{max}$	180	180
	Średnia $\bar{x}$ / Mean $\bar{x}$	147,8	164,8
	Odchylenie standardowe S / Standard deviation S	24,5	12,3
	Mediana $x_{Me}$ / Median $x_{Me}$	153	170
Prostowanie <i>Extension</i>	Wartość minimalna $x_{min}$ / Minimum value $x_{min}$	50	120
	Wartość maksymalna $x_{max}$ / Maximum value $x_{max}$	170	180
	Średnia $\bar{x}$ / Mean $\bar{x}$	37,0	42,5
	Odchylenie standardowe S / Standard deviation S	7,0	6,1
Zginanie poziome <i>Horizontal flexion</i>	Mediana $x_{Me}$ / Median $x_{Me}$	35	40
	Wartość minimalna $x_{min}$ / Minimum value $x_{min}$	23	35
	Wartość maksymalna $x_{max}$ / Maximum value $x_{max}$	60	60
	Średnia $\bar{x}$ / Mean $\bar{x}$	113,8	124,1
Prostowanie poziome <i>Horizontal extension</i>	Odchylenie standardowe S / Standard deviation S	13,2	10,7
	Mediana $x_{Me}$ / Median $x_{Me}$	118	120
	Wartość minimalna $x_{min}$ / Minimum value $x_{min}$	75	100
	Wartość maksymalna $x_{max}$ / Maximum value $x_{max}$	140	140
Rotacja zewnętrzna <i>External rotation</i>	Średnia $\bar{x}$ / Mean $\bar{x}$	22,6	31,0
	Odchylenie standardowe S / Standard deviation S	12,7	10,3
	Mediana $x_{Me}$ / Median $x_{Me}$	25	30
	Wartość minimalna $x_{min}$ / Minimum value $x_{min}$	0	5
Rotacja wewnętrzna <i>Internal rotation</i>	Wartość maksymalna $x_{max}$ / Maximum value $x_{max}$	60	60
	Średnia $\bar{x}$ / Mean $\bar{x}$	50,7	76,9
	Odchylenie standardowe S / Standard deviation S	27,0	16,8
	Mediana $x_{Me}$ / Median $x_{Me}$	50	85
	Wartość minimalna $x_{min}$ / Minimum value $x_{min}$	0	35
	Wartość maksymalna $x_{max}$ / Maximum value $x_{max}$	90	90
	Średnia $\bar{x}$ / Mean $\bar{x}$	55,3	70,9
	Odchylenie standardowe S / Standard deviation S	19,5	17,1
	Mediana $x_{Me}$ / Median $x_{Me}$	55	75
	Wartość minimalna $x_{min}$ / Minimum value $x_{min}$	0	20
	Wartość maksymalna $x_{max}$ / Maximum value $x_{max}$	85	90

## DYSKUSJA

Jak wynika z badań obejmujących grupę 58 pacjentów leczonych w Oddziale i Poradni Urazowo Ortopedycznej Wojewódzkiego Szpitala w Legnicy, zespół ciasnoty podbarkowej zdecydowanie częściej dotyczył kobiet, które stanowiły 67% pacjentów badanej grupy. Średni wiek chorych wynosił 56 lat, co świadczy, iż w większości byli to ludzie aktywni zawodowo, a często również aktywni sportowo do czasu pojawienia się dolegliwości. Przeciętny czas trwania choroby wynosił 40 miesięcy i u 74% badanych dotyczył kończyny dominującej. Leczenie podjęto 72% osób, ale u ponad połowy 56% nie uzyskano żadnej poprawy lub tylko krótkotrwale ustąpienie dolegliwości, co było nierzadko powodem kilkutygodniowej absencji chorobowej w pracy i stanowiło duże utrudnienie w wykonywaniu podstawowych czynności dnia codziennego.

Ocena porównawcza zmian w zakresach ruchomości pomiędzy stroną zdrową a chorą potwierdziła, że w następstwie rozwijającego się zespołu ciasnoty podbarkowej dochodzi do znacznego ograniczenia ruchomości czynnej zmienionego chorobowo kompleksu barkowego. Uzyskane wartości kątowe dla poszczególnych typów ruchu wskazują jednoznacznie, że największe ograniczenia zakresu ruchu w porównaniu do strony zdrowej dotyczą rotacji zewnętrznej, a ubytek ten stanowi 44% wartości uznawanych za normę fizjologiczną.

W dalszej kolejności istotny deficyt ruchomości stwierdzono w zakresach ruchów: prostowania, rotacji wewnętrznej i odwiedzenia. Najmniejszy w stosunku do spodziewanego spadek wartości kątowych zaobserwowano w odniesieniu do zginania, zginania i prostowania poziomego.

Przedstawione wyniki badań odnoszą się do pomiarów dokonywanych w trakcie ruchu odbywającego się w jednej z trzech podstawowych płaszczyzn: czołowej, strzałkowej i poprzecznej. Słuszny wydaje się jednak pogląd, że taka ocena zakresów ruchu nie daje jednak pełnego obrazu zmian dokonujących się w ruchomości stawu barkowego [21]. Większość ruchów jakie wykonujemy w życiu codziennym odbywa się wielopłaszczyznowo, a uzyskiwany efekt przestrzenny, jest jak wynika z trójplaszczyznowej analizy przestrzennej, następstwem kolejno następujących po sobie ruchów dokonujących się dookoła trzech wzajemnie prostopadłych osi. Dlatego uzasadnione jest przypuszczenie, że równie istotne znaczenie dla zrozumienia zmian w biomechanice stawu barkowego jakie obserwuje się u osób z zespołem ciasnoty podbarkowej jest poznanie wzajemnych współzależności pomiędzy stwierdzonymi wartościami zakresów poszczególnych typów ruchu.

## DISCUSSION

This study of a group of 58 patients from the Trauma & Orthopaedic Department of the Regional Specialised Hospital in Legnica showed that impingement syndrome was more frequent in women, who accounted for 67% of the study group. The mean age of the patients was 56 years, which means that those people had been professionally active, and often also engaged in sport, at the time of onset of the disease. The mean duration of the disease was 40 months and the dominant limb was affected in 74% of the patients. Treatment was undertaken by 72% of the patients, but no improvement or only short-term symptomatic amelioration were achieved in 56%, which most often was led several weeks' absence from work and made activities of daily living considerably difficult to perform.

A comparative analysis of the changes in ranges of motion between the healthy and affected sides confirmed that a developing impingement syndrome produces a significant limitation of active mobility in the affected shoulder complex. Angular ranges of motion obtained for individual movements indicated that the greatest impairment of motion in comparison to the healthy side concerned external rotation (only 44% of the normal value).

Significant mobility deficits were also observed for extension, internal rotation and abduction. Flexion and horizontal extension and flexion showed the smallest impairment.

These results refer to measurements taken during motion performed in one of three basic planes: frontal, sagittal and transverse. However, it seems correct to assume [21] that this kind of motion range evaluation does not provide a comprehensive picture of changes in shoulder joint mobility. Most movements performed in daily routines are multi-dimensional and the spatial analysis showed that all spatial effects are a consequence of successive movements performed around three axes perpendicular to one another. Therefore, we are well-advised to assume that identifying correlations between the values of the movement types examined is equally important for the understanding of the biomechanical alterations in the shoulder joint that are observed in patients with impingement syndrome.

The first studies of the correlation of flexion and abduction of the arm and arm rotation were carried out by Steidler [22], who found, on the basis of human cadaver studies, that raising an arm in the sagittal plane is only possible when accompanied by external rotation. A similar view was expressed by DePalma [22], who discovered that the external rota-

Pierwsze badania na temat zależności zginania i odwodzenia ramienia od jego rotacji przeprowadził Steidler [22], który na podstawie badania zwłok stwierdził, że unoszenie ramienia w płaszczyźnie strzałkowej jest możliwe tylko przy jego rotacji do wewnętrz. Podobny pogląd wyraził DePalma [22], uważając że rotacja zewnętrzna napina więzadło obrąbkowo-ramienne dolne i blokuje w ten sposób ruch zgięcia powyżej 135. Inni badacze przypisywali rolę mięśniom działającym na staw barkowy, dotyczy to przedniej części m. naramiennego i części obojczykowej m. piersiowego większego, które będąc zginaczami pełnią rolę wspomagającą jako rotatory wewnętrzne. Z kolei Moseley [4] i Doody [18] stwierdzili zależność pomiędzy odwiedzeniem ramienia a jego rotacją zewnętrzną tłumacząc to zmianą w położeniu przestrzennym łopatki, która ulega rotacji na zewnątrz względem jej osi przednio-tylnej. Aby nie doszło do zaryglowania guzka większego kości ramiennej o wyrostek barkowy łopatki i ruch odwiedzenia mógł odbyć się płynnie kość ramienна musi ulec skręceniu na zewnątrz. Opublikowane w 2003 roku wyniki badań Stokdijaka i wsp.[23] potwierdzają istotny wpływ rotacji zewnętrznej na zakres ruchu unoszenia ramienia. Autorzy badań wykazali, badając zakresy ruchu unoszenia w płaszczyźnie strzałkowej, w płaszczyźnie łopatki i w płaszczyźnie czołowej, że w każdym przypadku zablokowania ruchu rotacji zewnętrznej uzyskiwane wartości maksymalne były mniejsze średnio o 55 w stosunku do wielkości osiąganych przy zachowanej rotacji zewnętrznej. Przy czym należy podkreślić, że ubytek ruchomości w poszczególnych płaszczyznach był porównywalny, co znaczy, iż wpływ rotacji na zakres uniesienia ramienia w poszczególnych płaszczyznach jest różny. Jednym z ważniejszych wniosków wysuniętych przez autorów jest stwierdzenie, iż pomiar zakresu rotacji zewnętrznej może być istotnym wskaźnikiem dysfunkcji stawu barkowego pomocnym w ocenie wyników leczenia.

Wyniki badań własnych oparte na analizę statystycznej zależności pomiędzy wielkością rotacji zewnętrznej a wartościami kątowymi pozostałych badanych zakresów ruchu wskazuje na statystycznie istotną dodatnią korelację we wszystkich przypadkach za wyjątkiem ruchu prostowania ramienia. Zależności te są różne dla poszczególnych typów ruchu, szczególnie wysoką współzależność zaobserwowano pomiędzy odwiedzeniem a rotacją zewnętrzną. Pozwala to na stwierdzenie, iż ruch rotacji zewnętrznej ma zasadniczy wpływ na możliwość wykonywania ruchów wielopłaszczyznowych, w tym ruchu obwodzenia ramienia, których zakres maleje wraz ze spadkiem wartości zakresu rotacji zewnętrznej. Na-

tion of an arm stretches the lower glenohumeral ligament and thus blocks flexion exceeding 135°. Other researchers believed that the muscles acting on the shoulder joint – the frontal sections of the deltoid muscles and the clavicular section of the greater pectoral muscle - play an auxiliary role as internal rotators. Moseley [4] and Doody [18], on the other hand, found a correlation between abduction of the arm and its external rotation, which they explained as related to changes of the spatial position of the shoulder blade, which performs external rotation in relation to its anteroposterior axis. In order to prevent the interlocking of the greater tuberculum of the humerus with the acromion and ensure smooth abduction, the humeral bone has to undergo external rotation. The findings of Stokdijak et al. [23] published in 2003 confirm a significant influence of external rotation on the abduction range of the arm. The authors of the study showed that, in every case of blockage of external rotation, the maximum ranges of elevation in the sagittal, scapular and frontal planes, were lower by 55% on average in relation to the values achieved when external rotation was possible. It should be emphasised that mobility impairment was comparable between individual planes, which means that the influence of rotation on the range of elevation of the arm in the individual planes is different. One of the most important conclusions put forward by the authors states that the measurement of the external rotation range can be a significant indicator of dysfunction of the shoulder joint, helpful in evaluation of treatment results.

The results of our examinations, based on a statistical analysis of correlations between the angular range of external rotation and the values of the other ranges of motion, indicate a statistically significant positive correlation in all types of movement, apart from the arm extension movement. Those correlations are different for individual types of movement, with a particularly strong correlation observed between abduction and external rotation. This allows the conclusion that external rotation has a significant influence on the ability to perform multidimensional movements whose ranges decrease along with a declining external rotation range. One should accept the view [23] that changes of the external rotation range are a significant element of evaluation of treatment results. This study did not confirm a correlation between the values of internal rotation and arm flexion, which has been suggested by some authors [quoted in 11].

leży zgodzić się z poglądem [23], że zmiany zakresu rotacji zewnętrznej są istotnym elementem oceny wyników leczenia. Natomiast w wynikach przeprowadzonych badań nie potwierdzono opisywanej przez niektórych autorów [11] korelacji między wielkościami kątowymi rotacji wewnętrznej a ruchem zginania ramienia.

## WNIOSKI

1. Zespół ciasnoty podbarkowej jest schorzeniem występującym blisko dwukrotnie częściej u kobiet niż u mężczyzn i dotyczy przede wszystkim kończyny dominującej.
2. Ograniczenia zakresów ruchów czynnych dotyczą wszystkich badanych typów ruchu, a w szczególności rotacji zewnętrznej, która jest najważniejszym wskaźnikiem dysfunkcji stawu barkowego u osób z zespołem ciasnoty podbarkowej.
3. Wielkość rotacji zewnętrznej w istotny sposób wpływa na wartości kątowe pozostałych zakresów ruchu za wyjątkiem prostowania ramienia.

## CONCLUSIONS

1. The impingement syndrome is a condition that occurs nearly twice as often in women and most often affects the dominant limb.
2. The limitations of active mobility ranges concern all of types of movement examined, and especially external rotation, which is the most important indicator of dysfunction of the shoulder joint in people with the impingement syndrome.
3. The values of the external rotation range have a significant influence on the values of the remaining motion ranges, with the exception of the arm extension range.

## PIŚMIENIĘCTWO / REFERENCES

1. Culham E. Peat M.: Functional anatomy of the shoulder complex. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*(1993) 18: 342-350.
2. Neer C.S.: Anterior acromioplasty for chronic impingement syndrome of the shoulder. *J. Bone Joint Surg.*(1972) 54: 41-50.
3. Dempster W.T.: Mechanisms of the shoulder movements. *Arch. Phys. Med. And Rehab.*(1965) 46: 49.
4. Moseley H.F.: Shoulder Lesions, 3-rd ed. E.S Livingstone Ltd.(1969).
5. Levine W. Flatow E.: The pathophysiology of shoulder instability. *Am J. Sports Med.* (2000) 28: 910-917.
6. Inman V. T. Saunders J.R.: Observation on function of the shoulder joint. *J. Bone Joint Surg.* (1944) 26: 1.
7. Kapandji J.A.: The physiology of joints: Upper limb. N.Y. Churchill Livingstone Inc.(1982) Volume 1.
8. Lucas D.B.: Biomechanics of the shoulder joint. *Arch.Surg.*(1973) 107: 425-432.
9. Ovir Z. Berme N.: The shoulder complex in elevation of arm: A mechanism approach. *J. Biomech.*(1978) 11: 219.
10. Fukuda K. Craig E.V.: Biomechanical study of the ligamentous system of the acromioclavicular joint. *J. Bone Joint Surg.*(1986) 68: 434.
11. Fung M. Kato S. et al.: Scapular and clavicular kinematics during humeral elevation: A study with cadavers. *J. Shoulder Elbow Surg.*(2001) 10: 278-285.
12. Kilar J. Lizis P.: Leczenie ruchem - badanie narządu ruchu w rehabilitacji. Firma Handlowo Usługowa Kasper (1996) część I.
13. Klimkiewicz J. Williams G. Sher J. i wsp.: The acromioclavicular capsule as a restraint to posterior translation of the clavicle: A biomechanical analysis. *J. Shoulder Elbow Surg.*(1991) 8: 181-192.
14. Pearl M.L., Jackins S., Lippitt S.: Codman's paradox: Sixty years later. *J. Shoulder Elbow Surg.* 1: 219.
15. Saha A.K.: Mechanism of shoulder movements and plea for the recognition of zero position of glenohumeral joint. *Clin. Orhop.*(1983) 173: 3.
16. Bagg S. Forrest W. i wsp.: A biomechanical analysis of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. *Am J. Phys. Med. Rehab.*(1988) 67: 238-245.
17. Rajeev K. Vincent W. i wsp.: Glenohumeral mechanics: The study of articular geometry, contact and kinematics. *J. Shoulder Elbow Surg.*(2001) 10: 73-84.
18. Doody S.G.: Shoulder movement during abduction in the scapular plane. *Phys. Med. and Rehab.*(1970) 51: 595.
19. Kibler B. McMullen J. i wsp.: Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *J. Am Acad. Orthop. Surg.*(2003) 11:142-151.
20. Harryman D. Walker E. i wsp.: Residual motion and function after glenohumeral or scapulothoracic arthrodesis. *J. Shoulder Elbow Surg.*(1993) 2: 275.
21. Itoi E. et al.: Biomechanics of the Shoulder. Rockwood C, Matsen F, Wirth M, Lippitt S: The Shoulder. W.B. Saunders Company (2004) Volume 2. Chapter 6: 223-268.
22. Lesiak A.: Zespół bolesnego barku- patofizjologia i patobiomechanika. *Rehabilitacja medyczna.*(2002) 6:7-18.
23. Stokdijk M. Eilers PH. Nagels J.: External rotation in the glenohumeral joint during elevation of the arm. *Clin. Biomech.*(2003) 18:296-302.

Liczba słów/Word count: 6335

Tabele/Tables: 2

Ryciny/Figures: 3

Piśmiennictwo/References: 23

Adres do korespondencji / Address for correspondence  
dr Jarosław Skolimowski

51-612 Wrocław, Al. I. J. Paderewskiego 35  
e-mail: skolim27@wp.pl

Otrzymano / Received  
Zaakceptowano / Accepted 13.06.2008 r.  
21.09.2008 r.