

**Lek. Karol Ratajczak**

**Analiza wyników leczenia wieloodłamowych złamań końca bliższego  
kości ramiennej w zależności od zastosowanej techniki stabilizacji.  
Porównanie osteosyntezy śródszpikowej i płytkowej w trakcie trwania  
pandemii SARS-Covid-19.**

**Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu  
w dyscyplinie nauki medyczne**

Promotor: dr hab. n. med. Grzegorz Szczęsny

Warszawski Uniwersytet Medyczny  
Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Paweł Małydk



Obrona rozprawy doktorskiej przed Radą Dyscypliny Nauk Medycznych  
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Warszawa 2023 r.

**Słowa kluczowe:**

Złamanie końca bliższego kości ramiennej, złamania wieloodłamowe, zespolenie wewnętrzne, zespolenie śródszpikowe, zespolenie płytkowe, jakość życia

**Key words:**

Proximal humeral fractures, comminuted fractures, internal fixation, intramedullary nailing, plate fixation, quality of life

## Wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską

1. Szczęsny G, **Ratajczak K**, Fijewski G, Małydk P. Analiza niepowodzeń leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w materiale własnym. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*. 2018 Aug 30;20(4):271-284. doi: 10.5604/01.3001.0012.6461. PMID: 30648654.

2. **Ratajczak K**, Szczęsny G, Małydk P. Wieloodłamowe złamania końca bliższego kości ramiennej – zasady diagnostyki, leczenia i usprawniania. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*. 2019 Apr;21(2):77-93. DOI: 10.5604/01.3001.0013.1544. PMID: 31180034.

3. Szczęsny G, **Ratajczak K**, Fijewski G, Małydk P. Wpływ prześrubowania głowy kości ramiennej na funkcjonalny wynik leczenia wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej leczonego płytką kątowo -stabilną. Studium przypadku. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*. 2019 Aug 31;21(4):297-305. doi: 10.5604/01.3001.0013.5075. PMID: 32015204.

4. **Ratajczak K**, Szczęsny G, Tomaszewski W. Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates—Functional Results before and during the SARS-Covid-19 Pandemics. *Medicina*. 2023; 59(3):575. <https://doi.org/10.3390/medicina59030575>

5. **Ratajczak K**, Szczęsny G. Niestabilne złamania masywu guzka większego kości ramiennej. Opis przypadku. *Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja*. 2023; 2(6); Vol. 25, 91-96 DOI: 10.5604/01.3001.0053.6176.



WARSZAWSKI  
UNIwersytet  
MEDYCZNY

BIBLIOTEKA UCZELNIANA

Nr referencyjny  
BIBG/Punktacja/ 474 /2023/KK

Warszawa, 28.07.2023

Sz. Pan  
Karol Ratajczak

ANALIZA BIBLIOMETRYCZNA PUBLIKACJI  
PANA KAROLA RATAJCZAKA,  
WCHODZĄCYCH W SKŁAD CYKLU PUBLIKACJI STANOWIĄCYCH ROZPRAWĘ DOKTORSKĄ

Lp.	Opis bibliograficzny	Impact Factor	MEiN
Artykuły			
1.	Szczęsny G, <b>Ratajczak K</b> , et al. Failures of Operative Treatment of Comminuted Fractures of Proximal Humerus in Own Material. Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja. 2018;20(4):271-284 [Rodzaj publikacji: praca oryginalna]	-	15
2.	<b>Ratajczak K</b> , Szczęsny G, Małydk P. Comminuted fractures of the proximal humerus - principles of the diagnosis, treatment and rehabilitation. Ortop Traumatol Rehabil. 2019;21(2):77-93 [Rodzaj publikacji: praca poglądowa]	-	40
3.	Szczęsny G, <b>Ratajczak K</b> , Fijewski G, Małydk P. Intentional Overscrewing of Humeral Head in Comminuted Fracture of Proximal Humerus and its Impact on Shoulder Function. A Case Study. Ortop Traumatol Rehabil. 2019;21(4):297-305 [Rodzaj publikacji: opis przypadku]	-	40
4.	<b>Ratajczak K</b> , Szczęsny G, Tomaszewski W. Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates-Functional Results before and during the SARS-COVID-19 Pandemics. Medicina (Kaunas). 2023;59(3):575 [Rodzaj publikacji: praca oryginalna]	2,600	40
5.	<b>Ratajczak K</b> [aut. koresp.], Szczęsny G. Unstable Fractures of the Greater Tubercle of the Humerus. A Case Report. Ortop Traumatol Rehabil. 2023;25(2):91-96 [Rodzaj publikacji: opis przypadku]	-	40
Łącznie:		2,600	175
Książki			
1.	-		
Rozdziały w książkach			
1.	-		

ul. Żwirki i Wigury 63  
02-091 Warszawa  
www.biblioteka.wum.edu.pl

tel.: +48 22 116 60 11  
biblioteka@wum.edu.pl

KIEROWNIK  
Oddziału Informacji Naukowej  
*A. Ajdukiewicz*  
mgr Anna Ajdukiewicz-Tarkowska

# Spis treści

Słowa kluczowe	2
Wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską	3
Wykaz skrótów	6
Streszczenie	7
Summary	13
1. Wstęp	18
1.1 Epidemiologia i etiologia złamań bliższego końca kości ramiennej	18
1.2 Anatomia końca bliższego kości ramiennej	20
1.3 Biomechanika stawu ramiennego	22
1.4 Diagnostyka złamań końca bliższego kości ramiennej	23
1.5 Klasyfikacje złamań końca bliższego kości ramiennej	25
1.6 Leczenie złamań bliższego końca kości ramiennej	29
2. Założenia i cele pracy	32
3. Cykl publikacji stanowiących pracę doktorską	33
4. Podsumowanie i wnioski	89
5. Piśmiennictwo	91
6. Opinia Komisji Bioetycznej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego	94
7. Oświadczenia współautorów publikacji.	95

## Wykaz skrótów

AO	Fundacja AO (niem. Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen)
AP	Projekcja przednio-tylna (ang. anterior posterior, Grashey's projection)
ASIF	Stowarzyszenie ASIF (ang. Association For The Study Of Internal Fixation)
ASP	Płytką kątowno-stabilna (ang. angularly stable plating)
AVN	Jałowa martwica kości (ang. avascular necrosis)
BMI	Wskaźnik masy ciała (ang. Body Mass Index)
CM	Skala Constanta-Murleya
Covid-19	Choroba Koronawirusowa 2019 (ang. Coronavirus Disease 2019)
CRIF	Zamknięta repozycja stabilizacja wewnętrzna (ang. closed reduction, internal fixation)
CT	Tomografia komputerowa (ang. computer tomography)
IMN	Gwóźdź śródszpikowy (ang. intramedullary nailing)
ORIF	Otwarta repozycja stabilizacja wewnętrzna (ang. open reduction, internal fixation)
RTW	Współczynnik powrotu do pracy (ang. return to work)
SARS	Zespół ostrej niewydolności oddechowej (ang. severe acute respiratory syndrome)
QD	Skala Quick Dash
Y	Projekcja łopatkowa boczna (ang. lateral scapular, Neer projection)

## Streszczenie

**Analiza wyników leczenia wieloodłamowych złamań końca bliższego kości ramiennej w zależności od zastosowanej techniki stabilizacji. Porównanie osteosyntezy śródszpikowej i płytkowej w trakcie trwania pandemii SARS-Covid-19.**

Złamania bliższego końca kości ramiennej należą do najczęstszych złamań występujących u człowieka. Częstość ich występowania wzrasta wraz z wiekiem oraz postępującym zanikiem kostnym. Nieprawidłowe wygojenie tych złamań, czy niekonsekwentna i nieprawidłowo prowadzona rehabilitacja, mogą stać się przyczyną różnego stopnia dysfunkcją kończyny. Ze względu na narastającą w ostatnich latach liczbę chorych ze złamaniami końca bliższego kości ramiennej (od 1970 do 2020 roku liczba złamań bliższego końca kości ramiennej wzrosła trzykrotnie, a według danych szacunkowych ocenia się, że do 2030 roku liczba tych złamań ulegnie kolejnemu potrojeniu) uważa się, że te złamania mogą stać się znacznym problemem społecznym, a nawet chorobą cywilizacyjną [1-4].

Zgodnie z powszechnie akceptowanymi obecnie zasadami leczenia wieloodłamowych złamań końca bliższego kości ramiennej leczenie zachowawcze może być stosowane w przypadku złamań nieprzemieszczonych oraz przemieszczonych w stopniu minimalnym (<2mm). Wykazano bowiem, że w tych przypadkach leczenie zachowawcze pozwala uzyskać wyniki porównywalne do wyników leczenia operacyjnego [5,24,25]. Jego istotą jest unieruchomienie kończyny w orzezie typu Dessaulte'a przez trzy tygodnie oraz następujące po nim intensywne usprawnianie kończyny pod kierunkiem doświadczonego fizjoterapeuty. Coraz częściej metodą z wyboru staje się jednak leczenie operacyjne, również w złamaniach nieprzemieszczonych. Zwłaszcza u osób w młodym wieku, aktywnych zawodowo i społecznie, nieakceptujących długotrwałego unieruchomienia i chcących jak najszybciej powrócić do aktywności ruchowej sprzed urazu. Stabilne zespolenie odłamów kostnych pozwala bowiem na zrezygnowanie z unieruchomienia, zmniejszając tym samym ryzyko wystąpienia przykurczu stawu ramiennego i zaników mięśni kończyny, dając tym samym możliwość wczesnego powrotu do aktywności porównywalnej z tą sprzed urazu.

W operacyjnej stabilizacji wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej stosowane są obecnie zespolenia płytkami kątowo-stabilnymi oraz stabilizacje śródszpikowe. Obie metody uważane są za równoważne, a uzyskiwane wyniki przy ich stosowaniu - porównywalne. Co prawda w literaturze nie brak prac wykazujących możliwości uzyskania lepszych wyników funkcjonalnych leczenia operacyjnego przy użyciu jednej lub drugiej z nich, jednak przeprowadzone metaanalizy na dużych grupach chorych (1384 pacjentów) przeczą tym opiniom [47]. Tym samym, jak dotąd nie wykazano jednoznacznie przewagi którejkolwiek z nich. Nie zmienia to jednak faktu, że każda z tych metod ma swoich zdecydowanych zwolenników i przeciwników.

W cyklu publikacji wchodzących w skład niniejszej Rozprawy Doktorskiej dokonałem porównania obu technik stabilizacji w oparciu o materiał zebrany podczas analizy wyników leczenia chorych w Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu WUM w okresie od stycznia 2017 r. do czerwca 2021 r. Przedstawiłem wyniki badań obrazujących subiektywne i obiektywne wyniki leczenia oceniane przy użyciu powszechnie używanych i akceptowanych skal Constanta-Murley'a (CM) oraz QuickDash (QD). Załączyłem również informacje dotyczące patogenezy, diagnostyki, powikłań oraz przytoczyłem przypadki z innowacyjnym podejściem do leczenia tych złamań u chorych z zaawansowanym zanikiem kostnym.

Praca poglądowa „Wieloodłamowe złamania końca bliższego kości ramiennej – zasady diagnostyki, leczenia i usprawniania” przedstawia podsumowanie obecnego stanu wiedzy na temat zasad leczenia złamań bliższego końca kości ramiennej. W pracy tej opisałem ogólnie przyjęte zasady diagnostyki, leczenia oraz rehabilitacji. Przedstawiłem najczęściej stosowane klasyfikacje u chorych dorosłych (Neera i AO/ASIF) oraz złamań u dzieci (Saltera - Harrisa). Sprecyzowałem zasady kwalifikacji chorych do poszczególnych rodzajów leczenia w zależności od rodzaju złamania oraz wieku, jakości tkanki kostnej, oczekiwań chorego oraz stopnia współpracy pacjenta w procesie leczenia. Następnie przedstawiłem zasady leczenia zachowawczego i operacyjnego z wyszczególnieniem obecnie stosowanych technik operacyjnych. Podałem również przykładowy schemat leczenia usprawniającego po przeprowadzonym leczeniu operacyjnym.



W pracy „Analiza niepowodzeń leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w materiale własnym” przedstawiłem analizę najczęściej występujących powikłań leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań końca bliższego kości ramiennej. Obserwacje przeprowadziłem w grupie 131 chorych operowanych w Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu WUM, u których stwierdzono wystąpienie powikłań (25 chorych). Analizie poddałem przebieg procesu terapeutycznego i czynniki na nie wpływające oraz ostateczny, radiologiczny i funkcjonalny wynik leczenia.

Niewłaściwą stabilizację stwierdziłem u 16 chorych, przy czym u siedmiu z nich upośledzała ona funkcję kończyny wskutek braku anatomicznej repozycji odłamów kostnych (w tym u jednego operowanego w piątym tygodniu po urazie, u którego doszło do wtórnej destabilizacji guzka większego kości ramiennej wskutek silnego przykurczu mięśnia nadgrzebieniowego), oraz przypadków, w których doszło do konfliktu implantu z wyrostkiem barkowym łopatki (trzech chorych). U dziewięciu chorych z tej grupy obserwowana nieprawidłowa stabilizacja okazała się nie mieć wpływu na ostateczny, funkcjonalny wynik leczenia. U dwóch chorych przyczyną destabilizacji pierwotnie anatomicznie przeprowadzonej repozycji i prawidłowej stabilizacji okazało się być nadmierne obciążanie kończyny bezpośrednio po przeprowadzonym zabiegu operacyjnym. Również u dwóch chorych doszło do jałowej martwicy głowy kości ramiennej. W jednym przypadku złamanie okazało się być patologiczne, wymagając dalszej diagnostyki i leczenia onkologicznego. U czterech chorych stwierdzono błędy pozorne, wynikające z niewłaściwie wykonanych pooperacyjnych zdjęć RTG. Przedstawione wnioski przedstawiają możliwe powikłania operacyjne po leczeniu wieloodłamowych złamań końca bliższego kości ramiennej.

U części chorych stopień zaawansowania osteoporozy był na tyle duży, że uniemożliwiał wykonanie stabilnego zespolenia złamania przy pomocy standardowych technik operacyjnych, wymuszając stosowanie specjalistycznych implantów lub też posiłkowania się cementem kostnym [6]. W pracy „Wpływ prześrubowania głowy kości ramiennej na funkcjonalny wynik leczenia wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej leczonego płytką kątowno -stabilną. Studium przypadku” zaprezentowano sposób uzyskania stabilnego zespolenia u chorych z zaawansowanym zanikiem kostnym. Stabilne osadzenie wkrętów kostnych uzyskano kotwicząc wkręty w podchrzęstnej warstwie kości gąbczastej i w chrząstce stawowej prowadząc je do przodu i do tyłu od powierzchni obciążanej stawu podczas ruchów barku tak, aby nie przeszkadzały one w ruchach stawu

ramiennego. Innymi słowy, wykonano prześrubowanie głowy kości ramiennej dla uzyskania stabilności zespolenia, przy czym wkręty zostały wprowadzone rozbieżnie do przodu i do tyłu tak, aby nie wchodziły w konflikt z panewką łopatki. W opisanym przypadku 3,5 roku później chora miała analogiczny urazu barku po stronie przeciwnej (lewego), w którym konfiguracja odłamów umożliwiała stabilizację złamania bez konieczności prześrubowania głowy. W obu przypadkach dokonano stabilizacji z użyciem takiej samej płytki kątowno-stabilnej (ChM, Polska) stosując unieruchomienie kończyny w ortezie przez 3 tygodnie, a następnie wdrażając intensywne usprawnianie.

Analizując obraz radiologiczny, zgłaszane dolegliwości bólowe, zakres ruchu oraz funkcję kończyny podczas wykonywania czynności dnia codziennego w 12. i 18. miesiącu po zabiegu stwierdzono, że prześrubowanie głowy kości ramiennej, wykonane zgodnie z przedstawionym powyżej opisem, nie upośledza w istotny sposób funkcji stawu ramiennego. Na podstawie powyższej obserwacji stwierdzono, że metoda ta, choć z pewnością nie należy do najkorzystniejszych metod zwiększania stabilności zespolenia, może być w wyjątkowych sytuacjach stosowana dla uzyskania stabilności zespolenia z braku dostępności metod alternatywnych, .

W badaniu “Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates— Functional Results before and during the SARS-Covid-19 Pandemic” dokonałem porównania wyników funkcjonalnych obu technik stabilizacji złamań w warunkach obostrzeń wprowadzonych podczas pandemii SARS-Covid-19, tj. u chorych leczonych w okresie od 01.03.2020 do 30.06.2021. Wyniki porównałem z tymi uzyskanymi przed pandemią, tj. w okresie od 01.01.2017 do 30.09.2019.

Do badań włączyłem 112 dorosłych chorych leczonych z powodu złamań trój- i czterofragmentowych wg klasyfikacji Neera stabilizowanych śródszpikowo (n=64) lub płytkami kątowno - stabilnymi (n=48). Efekty leczenia oceniałem w szóstym miesiącu po operacji na podstawie zaawansowania zrostu kostnego na zdjęciach rentgenowskich, stopnia anatomicznej repozycji złamania (wartość kąta szyjkowo-nasadowego kości ramiennej; NSA) i poprawności osadzenia implantu. Funkcjonalny efekt leczenia oceniałem za pomocą kwestionariusza QuickDash i skali Constanta-Murleya .

Uzyskałem dobre i zadowalające wyniki czynnościowe i radiologiczne. Zrost kostny wystąpił u wszystkich obserwowanych chorych. Powikłania wystąpiły u sześciu chorych. Trzech chorych wymagało wtórnej interwencji operacyjnej z powodu nieodpowiedniej repozycji: jeden po stabilizacji śródszpikowej

i dwóch po płytkowej. Dodatkowo jeden chory stabilizowany przy pomocy płytki kątowo - stabilnej doznał wtórnej destabilizacji guzka większego kości ramiennej, a w dwóch przypadkach implant wchodził w konflikt z wyrostkiem barkowym podczas odwodzenia stawu ramiennego wymagając wczesnego usunięcia.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdziłem, że stabilizacja płytkowa zapewnia lepsze wyniki funkcjonalne podczas COVID-19 wg skali Constanta-Murleya ( $p = 0,0048$ ; test t-Studenta). Nie zaobserwowałem natomiast statystycznie znamienych różnic pomiędzy dwoma metodami stabilizacji w okresie poprzedzającym pandemię SARS - Covid -19.

**Uzyskane wyniki wykazują, że stabilizacja płytkowa jest bardziej korzystną metodą stabilizacji wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w trakcie pandemii SARS-Covid-19.**

Podczas zabiegu operacyjnego zdarza się, że konfiguracja złamania lub też powstające powikłania zmuszają do zmiany wyboru rodzaju zespolenia. W pracy pt.: „Niestabilne złamania masywu guzka większego kości ramiennej. Opis przypadku” przedstawiliśmy opis procesu leczenia chorego, u którego w skutek rozwiercania jamy szpikowej i wprowadzania gwoździa śródszpikowego, doszło do przemieszczenia guzka większego kości ramiennej. Fragmenty guzka okazały się być niestabilne i nie poddawały się próbom repozycji na zamknięto pod kontrolą RTG-TV. W takich przypadkach operator zmuszony jest do konwersji zespolenia na zespolenie płytkowe po usunięciu gwoździa śródszpikowego lub też do doszycia guzka większego. W opisywanym przypadku zdecydowano o doszyciu guzka większego. Poszerzono dostęp operacyjny przedłużając cięcie wykonane dla wprowadzenia gwoździa śródszpikowego uzyskując tym samym dostęp do guzka w stopniu umożliwiającym jego repozycję i stabilizację szwami wchłanialnymi zakotwiczonymi w kanałach kostnych w trzonie kości ramiennej. Zespolenie okazało się być stabilne, a ustawienie odłamów – anatomiczne. W kontrolnych Rtg stwierdziłem zrost kostny, a w ocenie funkcjonalnej chory uzyskał 94 i 96 punktów w skali Constanta-Murleya (kończyna operowana i przeciwległa) oraz 4,5 punkta w kwestionariuszu Quick - Dash. Wyniki te pozwoliły na ocenę wyniku leczenia jako bardzo dobrą.

Powyższa praca wykazała, że doszycie niestabilnych fragmentów kostnych guzka większego kości ramiennej szwami wchłanialnymi pozwala uzyskać zadowalającą ich repozycję i stabilizację po zespoleniu gwoździem śródszpikowym, co może być alternatywą dla konwersji zespolenia ze śródszpikowego na płytkowe w przypadkach analogicznych do opisanego w powyższej pracy.

Podsumowując, w niniejszym cyklu publikacji omówiłem problematykę złamań bliższego końca kości ramiennej, sposób ich stabilizacji operacyjnej oraz porównałem wyniki operacyjnego leczenia przy użyciu stabilizacji płytkami kątowno-stabilnymi i gwoździami śródszpikowymi. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdziłem, że obie metody pozwalają uzyskać dobre wyniki leczenia, a chorzy są usatysfakcjonowani z ostatecznego efektu terapeutycznego. Nieliczne powikłania wykazują na niedoskonałości obu technik stabilizacji.

Analizując lepsze funkcjonalne wyniki leczenia chorych przy użyciu stabilizacji płytkami kątowno – stabilnymi w trakcie pandemii SARS-Covid-19 doszedłem do wniosku, że jest to efektem przede wszystkim konieczności wykonywaniem zabiegów chirurgicznych w specyficznych warunkach oraz ograniczeniami w dostępności fizjoterapii. W trakcie trwania pandemii zabiegi stabilizacji wykonywano u chorych Covid-dodatnich w Szpitalnym Oddziale Ratunkowym na adoptowanej sali operacyjnej w asyście zmniejszonej do minimum liczby personelu, w pełnej osłonie wirusologicznej (kombinezon, gogle), często również bez dostępu do śródoperacyjnej skopii Rtg. Konieczność samodzielnego obsługiwanania aparatu Rtg (brak technika radiologicznego na sali operacyjnej) lub wykonania zabiegu bez aparatu Rtg, ograniczona widoczność pola operacyjnego (zaparowane gogle), brak komfortu termicznego i oddechowego ograniczały możliwość skutecznej stabilizacji złamań przy użyciu gwoździ śródszpikowych. W tych warunkach zespolenia płytkowe wykonywane z większego dostępu operacyjnego, na otwarto, stawały się dużo łatwiejsze i, jak wykazała analiza odległych wyników funkcjonalnych leczenia, również znamienne funkcjonalnie bardziej dla chorego korzystne.

## Summary

### **Analysis of the treatment outcomes of comminuted fractures of the proximal end of the humerus depending on the applied stabilization technique. A comparison of intramedullary fixation and plate osteosynthesis during the SARS-Covid-19 pandemic.**

Fractures of the proximal end of the humerus are among the most common fractures in humans. Their occurrence increases with age and progressive bone loss. Improper healing of these fractures or inconsistent and improperly conducted rehabilitation may result in limb disability. Due to the growing number of patients with fractures of the proximal end of the humerus in recent decades (the number of fractures increased three-times from 1970 to 2020, and according to epidemiological estimations, it is expected to triple again in the forthcoming decade), these fractures are considered a significant social problem and even a civilization disease [1-4].

According to contemporary treatment principles, conservative treatment can be applied for non-displaced and minimally displaced fractures. It has been shown that the conservative treatment in these cases can achieve comparable results to the surgical one [5,24,25]. It consists in the immobilization of the limb in the Dessaulte brace for three weeks that is followed by intensive rehabilitation under the guidance of an experienced physiotherapist. However, surgical treatment is increasingly becoming the method of choice, even in non-displaced fractures. This is especially true for young, professionally and socially active individuals, who do not accept long-lasting immobilization and want to return to regular activity as soon as possible. Stable fixation of bone fragments after their anatomical reduction allows to omit immobilization, thereby reducing the risk of soft tissue contractures, joint stiffness and muscular atrophy that require further physiotherapy.

In the operative stabilization of comminuted fractures of the proximal end of the humerus, angular-stable plates and intramedullary stabilizations are currently used. Both methods are considered equal, as the results obtained with their use are comparable. Despite the fact that better functional outcomes were reported after operative treatment with one or another method, meta-analyses performed on large groups of patients (1384 patients) contradict these opinions [47]. Thus, so far no superiority of one method over another has been proved.

In the series of publications included in this Doctoral Dissertation, I have compared both stabilization techniques basing on the data collected during the analysis of treatment outcomes in patients treated in the Department of Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Trauma, Medical University, Warsaw, Poland between January 2017 and June 2021. I presented the results of studies illustrating objective (functional and radiological) treatment outcomes evaluated using commonly used and accepted Constant-Murley (CM) and QuickDash (QD) scales. I also provided an information on the pathogenesis, diagnosis, complications, and presented the case with an innovative approach to treating fractures in patients with advanced bone loss.

Review entitled " Comminuted fractures of the proximal humerus - principles of the diagnosis, treatment and rehabilitation" presents a summary of the current state of knowledge on the principles of treatment of fractures of the proximal end of the humerus. It describes the commonly used classifications in adult patients: Neer and AO/ASIF classifications, as well as the Salter-Harris classification for pediatric fractures. The article specifies the principles of patient selection for different treatment modalities based on the type of fracture, age, bone quality, patient expectations, and cooperation. The conservative and surgical treatment principles are presented, highlighting the currently used surgical techniques. Additionally, an example of postoperative rehabilitation is outlined.

In the study " Failures of Operative Treatment of Comminuted Fractures of Proximal Humerus in Own Material" an analysis of the most common complications of operative treatment for comminuted fractures of the proximal humerus was presented. The analysis was performed in a group of 131 patients, who underwent surgery at the Department of Orthopedic Surgery and Musculoskeletal Trauma, Medical University, Warsaw, Poland. Among them, 25 patients experienced complications. The treatment course, influencing factors, and final therapeutic outcomes were evaluated. Improper stabilization was observed in 16 patients, with seven cases leading to functional impairment due to lack of anatomical reduction. In three patients occurred implant impingement with the acromion process. In nine patients, the observed improper stabilization did not affect the final functional outcome. Two patients experienced secondary destabilization despite initially anatomically performed reduction and proper stabilization. Two patients developed avascular necrosis of the humeral head. One case revealed a pathological fracture requiring further oncological treatment. Four patients had apparent errors due to improperly performed

postoperative X-rays. The presented conclusions outline possible operative complications in the treatment of comminuted fractures of the proximal humerus.

In some patients, the progress of demineralization (osteoporosis) occurred to be significant enough to foreclose stable fixation using standard surgical techniques, necessitating specialized implants or bone cement [6]. In article "Intentional Overscrewing of Humeral Head in Comminuted Fracture of Proximal Humerus and its Impact on Shoulder Function. A Case Study" we presented a case, in which stability of screws inserted in the osteoporotic humeral head was achieved anchoring them in the subchondral bone and articular cartilage in way avoiding interference with the loaded regions of the joint during movements. The patient underwent humeral head screw fixation for achieving union stability. A similar injury occurred in this patient on the opposite site 3.5 years later. In this case the configuration of bone fragments enabled stable fixation without humeral head overscrewing. In both cases, stabilization was performed using an angular stable plate (ChM, Poland), followed by three weeks of immobilization in a brace and subsequent intensive rehabilitation. Radiological images, reported pain, range of motion, and functional outcome assessments at 12. and 18. month postoperatively showed that screw fixation of the humeral head, as described above, do not significantly impair the function of the shoulder. This method is not the most advantageous one, but can be used in exceptional situations, and when alternative methods are not available.

In the study " Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates—Functional Results before and during the SARS-Covid-19 Pandemics" a comparison was made between the functional outcomes of both fracture stabilization techniques under the restrictions imposed during the Covid-19 pandemic, from March 1<sup>st</sup>, 2020, to June 30<sup>th</sup>, 2021. Analysis was conducted comparing results with these obtained just before the pandemic, from January 1<sup>st</sup>, 2017 to September 30<sup>th</sup>, 2019.

The study included 112 adult patients treated for three- and four-part fractures according to Neer's classification, stabilized with intramedullary nails (IMN, n=64) or angularly stable locking plates (ASP, n=48). The treatment outcomes were evaluated at the sixth month after the surgery basing on the advance of bone union observed on X-ray, assessed precision of fracture reduction (neck-shaft angle; NSA) and

position of the implant. The functional outcome of the treatment was assessed using the QuickDash and Constant-Murley questionnaires.

Obtained results showed satisfactory bone union in all fractures, with complications in six cases. During the observation, three patients required secondary surgical intervention due to inadequate reduction: one after IMN and two after ASP. Additionally, one patient stabilized with ASP experienced secondary displacement of the greater tuberosity, and in two cases the implant impinged on the acromion during abduction of the shoulder joint.

Basing on these results I concluded that ASP provided better functional outcomes during COVID-19 according to the Constant-Murley scale ( $p = 0.0048$ ; Student's t-test). However, no statistically significant differences could be observed between the two stabilization methods in the pre - Covid-19 period.

**The results showed that ASP seems to be more favorable method for stabilizing complex fractures of the proximal humerus during the SARS-Covid-19 pandemic.**

During surgical procedures, it sometimes happens that due to complications, we need to deviate from the preoperative plan and make intraoperative decisions. The case report "Unstable Fractures of the Greater Tubercle of the Humerus. A Case Report" presents the patient, to whom displacement of the greater tuberosity occurred as a result of the reaming of the medullary canal and insertion of the intramedullary nail in it. Fragments of the tubercle proved to be unstable and resisted closed reduction attempts under the guidance of the fluoroscopy. In this case surgeon had been forced to decide to convert the fixation, i.e., removing the intramedullary nail and applying plate stabilization, or to suture the greater tubercle. In this case operator decided to suture the greater tubercle, which required expanding the surgical procedure by extending the incision made for intramedullary nail insertion. This provided access to the fragments of tubercle, which were reduced and stabilized using absorbable sutures anchored to channels in the shaft of the humerus. The fixation proved to be stable, and bone fragment alignment was anatomical. In the patient's follow-up X-rays, complete bone union was observed, and in the functional evaluation, the patient achieved 94 and 96 points on the Constant-Murley scale (for the operated and contralateral limb, respectively) and 4.5 points on the Quick-DASH scale, indicating a very good treatment outcome.

The above-described work demonstrates that suturing unstable bone fragments of the greater tuberosity using absorbable sutures allows for satisfactory reduction and stabilization after intramedullary nailing,



which can be used as an alternative to converting the fixation from intramedullary one to plate fixation in cases similar to the described one.

In summary, in presented series of publications I discussed the issue of fractures of the proximal humerus, their treatment, including surgical stabilization methods, and compared them, namely treatment outcomes obtained after angularly stable plating and intramedullary nailing. Basing on the obtained results I concluded that both methods allow obtaining good treatment outcomes, and patients are satisfied with the final therapeutic effect. However, a few complications indicate imperfections in both stabilization techniques. Analyzing functional outcomes I have noticed that the necessity of performing the treatment under specific conditions due to limitations coming from SARS-Covid-19 occurred to be better after plating then nailing, probably due to limited access to physiotherapy. Moreover, during the pandemic, stabilization procedures were performed on Covid-positive patients in an adapted operating room with reduced staff, wearing full viral protection (coverall, goggles), and often without the access of X-ray fluoroscopy. Limited visibility (fogged goggles), lack of thermal and respiratory comfort restricted the possibility of effectively stabilizing the fracture using intramedullary nails. Under these circumstances, plate fixations with wider surgical approach became much easier and, as the analysis of long-term functional treatment outcomes showed, also significantly more functionally beneficial.

## **1. Wstęp**

### **1.1 Epidemiologia i etiologia złamań bliższego końca kości ramiennej**

Złamania kości ramiennej występują we wszystkich grupach wiekowych, jednak częstość ich występowania wzrasta wraz z wiekiem. Wraz z wydłużającą się długością życia wzrasta ilość osób po 65 roku życia, u których złamania te występują najczęściej. Wynika to z faktu, że wraz z wiekiem wzrasta nasilenie zaniku kostnego (osteoporozy) oraz wzrasta ryzyko wystąpienia zaburzeń sprzyjających występowaniu urazów: sercowo – naczyniowych, neurologicznych, endokrynologicznych i wielu innych wywołujących krótkotrwałe omdlenia i utraty przytomności, zawroty głowy, ograniczenie orientacji przestrzennej i zdolność postrzegania (upośledzenie wzroku i słuchu). Dlatego też złamania bliższego końca kości ramiennej stanowią trzecią co do częstości występowania grupę złamań w wieku dorosłym. Stanowią one 6 % wszystkich złamań po 65 roku życia, a u osób w wieku powyżej 75 roku życia nawet 10% wszystkich złamań [1-4]. Są także trzecią pod względem częstości występowania lokalizacją złamań osteoporotycznych. Od 1970 roku ilość złamań bliższego końca kości ramiennej wzrosła trzykrotnie. Szacuje się, że w 2030 roku częstotliwość tych złamań ponownie ulegnie potrojeniu.

Ze względu na wysokie wymagania chorych oraz chęć szybkiego powrotu do aktywności ruchowej na poziomie tej sprzed złamania leczenie operacyjne staje się coraz częściej metodą z wyboru. Technika operacyjna zależna jest od typu złamania, wieku biologicznego pacjenta, jakości tkanki kostnej oraz oczekiwanej aktywności po leczeniu operacyjnym. Efekt terapeutyczny jest jednak zależny nie tylko od rodzaju stabilizacji, ale także od późniejszej rehabilitacji oraz zaangażowania w niej chorego.

Złamania bliższego końca kości ramiennej są często powikłane zwichnięciami stawu ramiennego [5]. Zdarza się, że wraz z powyższymi dochodzi do uszkodzenia splotu ramiennego [6] (najczęściej nerwu pachowego), tętnicy lub żyły pachowej oraz ich odgałęzień, jak i struktur mięśniowych i ścięgniętych. Kluczowe znaczenie dla pooperacyjnego zrostu kostnego ma uszkodzenie tętnicy okalającej ramię przedniej (gałąź tętnicy pachowej). Zaopatrując głowę kości ramiennej może prowadzić do zaburzeń gojenia a nawet do jej jałowej martwicy (AVN).

Złamania końca bliższego kości ramiennej są najczęstszymi złamaniami kości ramiennej, a czynnikami predysponującymi do złamania są [7-9]:

- wiek powyżej 50 roku życia
- płeć żeńska
- rasa biała
- niski index masy ciała (BMI)
- niska aktywność fizyczna
- sterydoterapia
- hormonalne zaburzenia pomenopauzalne
- alkoholizm
- schorzenia zwiększające ryzyko upadków takie jak cukrzyca, zaburzenia krążenia mózgowego, padaczka

Do złamań tych najczęściej dochodzi w wyniku urazów niskoenergetycznych [10], do których najczęściej dochodzi podczas upadku z wysokości własnego ciała na wyprostowaną kończynę górną. Jest to uraz pośredni, w trakcie którego trzon kości ramiennej napierając na szyjkę i głowę kości ramiennej doprowadza do ich złamania. U chorych w młodszych wieku, bez lub z minimalnym zanikiem kostnym, do złamań najczęściej dochodzi w wyniku doznania urazów wysokoenergetycznych [11]. W tych przypadkach często powstają obrażenia towarzyszące złamaniu, spośród których najgroźniejsze są obrażenia powstające w obrębie głowy, klatki piersiowej i jamy brzusznej [12].

Do złamań bliższego końca kości ramiennej predysponują również schorzenia nowotworowe. Są nimi najczęściej przerzuty nowotworów pierwotnie zlokalizowanych poza narządem ruchu [13]. Często bywają one pierwszym objawem choroby nowotworowej, na przykład łagodnych procesów rozrostowych, do których należą na przykład torbie tętniakowata czy torbiel samotna.

## 1.2 Anatomia końca bliższego kości ramiennej

Staw ramienny jest stawem o relatywnie małej kongruencji. Duża głowa kości ramiennej przemieszcza się w małej i płaskiej panewce łopatki wspieranej przez szeroki obrąbek stawowy [14]. Mała kongruencja umożliwia duży zakres ruchu, jednak kosztem wysokiej zależności stabilności stawu od tkanek miękkich, przede wszystkim torebki stawowej i układu mięśni działających na staw, zwłaszcza tych wchodzących w skład pierścienia rotatorów.

Można wyróżnić stabilizatory poprzeczne stawu (stożek rotatorów: mięsień nadgrzebieniowy, mięsień podgrzebieniowy, mięsień podłopatkowy, mięsień obły mniejszy), oraz stabilizatory podłużne (mięsień naramienny, głowa długa i krótka mięśnia dwugłowego ramienia, mięsień kruczo-ramienny, głowa długa mięśnia trójgłowego ramienia, mięsień piersiowy większy).

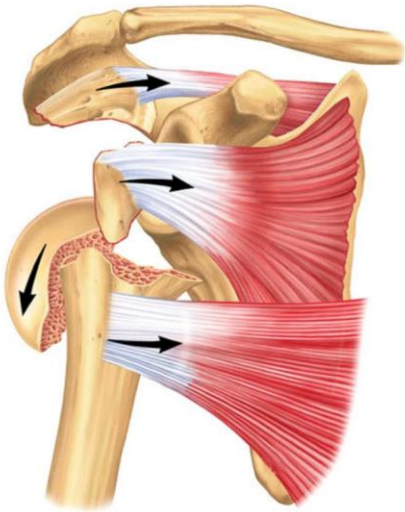
Odpowiedni balans oraz koordynacja napinania obu grup mięśniowych zapewnia odpowiednią stabilność i biomechaniczną wydolność stawu ramiennego.

Koniec bliższy kości ramiennej składa się z punktu widzenia chirurgicznego składa się z czterech elementów [15]:

- głowy kości ramiennej
- guzka większego kości ramiennej
- guzka mniejszego kości ramiennej
- trzonu kości ramiennej

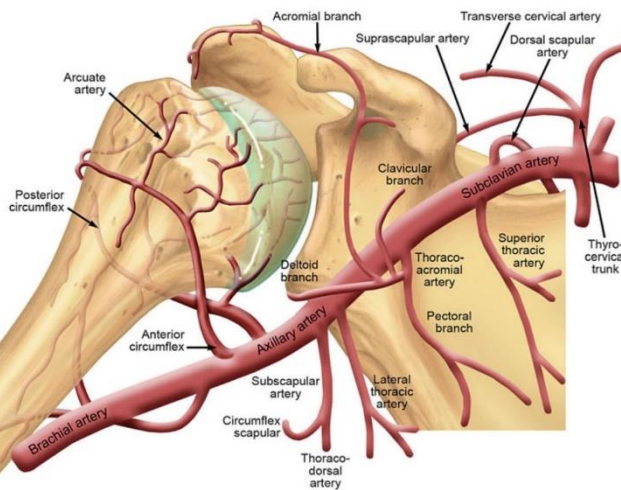
Powierzchnia stawowa oddzielona jest od guzka większego i mniejszego przez szyjkę anatomiczną. Poniżej guzków kości ramiennej przebiega szyjka chirurgiczna. Między guzkami znajduje się bruzda międzyguzkowa, w której przebiega ścięgno głowy długiej mięśnia dwugłowego ramienia. Na guzku większym swoje przyczepy mają mięśnie nadgrzebieniowy, podgrzebieniowy i obły mniejszy, zaś do guzka mniejszego przyczepia się mięsień podłopatkowy.

Napinanie brzuśców mięśni oddziałujących na poszczególne fragmenty kostne warunkuje ich przemieszczenie się w przypadku wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej.



Ryc. 1 Oddziaływanie mięśni na bliższy koniec kości ramiennej [16]

Unaczynienie stawu ramiennego pochodzi od gałązek stawowych tętnicy nadłopatkowej, tętnicy przedniej i tylnej okalającej ramię oraz tętnicy podłopatkowej. Tętnice okalające zespalają się ze sobą, tworząc pierścień dokoła szyjki chirurgicznej kości ramiennej, z którego liczne gałązki zaopatrują dolną część stawu.



Ryc. 2 Unaczynienie bliższego końca kości ramiennej [16]

Unerwienie stawu ramiennego pochodzi od spłotu ramiennego - nerwu nadłopatkowego, podłopatkowego i pachowego. Ponadto, nerwy te także unerwiają mięśnie obręczy barkowej.

### 1.3 Biomechanika stawu ramiennego

Staw ramienny jest stawem kulistym, wolnym. Staw ten zalicza się do stawów wieloosiowych, ponieważ posiada trzy stopnie swobody (elewację i depresję (góra/dół), protrakcję i retrakcję (przód/tył) oraz rotację wzdłuż osi długiej obojczyka). Warunkują one:

- - zgięcie i wyprost – ruchy wahadłowe. Zgięcie jest możliwe dzięki pracy mięśnia dwugłowego ramienia, mięśnia kruczo-ramiennego, mięśnia piersiowego większego oraz części obojczykowej mięśnia naramiennego. Natomiast za wyprost odpowiadają mięsień trójgłowy ramienia, część tylna mięśnia naramiennego, mięsień obły większy oraz mięsień najszerszy grzbietu.
- - odwodzenie i przywodzenie – za odwodzenie odpowiada mięsień nadgrzebieniowy, głowa długa mięśnia dwugłowego, część środkowa mięśnia naramiennego. Z kolei przywodzenie jest możliwe dzięki współpracy mięśnia piersiowego większego, głowy długiej mięśnia trójgłowego ramienia i mięśnia najszerszego grzbietu;
- - rotacja zewnętrzna i wewnętrzna – rotację zewnętrzną wykonuje głównie mięsień podgrzebieniowy i obły mniejszy, mięsień nadgrzebieniowy i tylna część mięśnia naramiennego. Mięsień podłopatkowy, mięsień piersiowy większy, mięsień najszerszy grzbietu, mięsień obły większy, mięsień dwugłowy ramienia i część przednia mięśnia naramiennego rotują staw ramienny do wewnątrz.

Występuje tu również ruch złożony, jakim jest obwodzenie. W rezultacie ruch ten powstaje z połączenia zgięcia i prostowania z odwodzeniem i przywodzeniem. Ruchy obwodzenia w stawie ramiennym łączą się z odpowiednimi ruchami w stawach obojczykowych, zwiększając ich zakres.

## 1.4 Diagnostyka złamań końca bliższego kości ramiennej

Rozpoznanie złamania bliższego końca kości ramiennej opiera się na wywiadzie zabranym z pacjentem, badaniu przedmiotowym pacjenta oraz badaniach dodatkowych. Wywiad może być typowy urazowy albo nietypowy wskazujący na możliwość wystąpienia złamania patologicznego. W badaniu przedmiotowym występuje ból, obrzęk oraz zaburzenie funkcji kończyny. Może być widoczna deformacja stawu oraz może wystąpić podbiegnięcie krwawe.

Podstawową diagnostyką radiologiczną jest zdjęcie RTG. RTG wykonuje się w co najmniej dwóch, a czasem trzech projekcjach – przednio-bocznej (AP, projekcja Grasheya), pachowej oraz łopatkowej bocznej („Y”, projekcja Neera) [17].



Ryc. 3 Prawidłowy obraz bliższego końca kości ramiennej w RTG w projekcji AP.

W razie wystąpienia wątpliwości można wykonać badanie tomografii komputerowej (TK), którego nie wykonuje się rutynowo, lecz jest ono korzystne w przypadku złamań z przemieszczeniem lub w razie podejrzenia towarzyszącego uszkodzenia głowy koci ramiennej. W razie uszkodzenia tkanek miękkich (np. stożek rotatorów, splot ramienny) można poszerzyć diagnostykę o badanie rezonansem magnetycznym (MRI), jest to jednak rzadko wskazane.

W badaniach radiologicznych ocenia się ciągłość tkanki kostnej, kongruencje stawu oraz wykonuje się pomiary przy pomocy specjalistycznych programów komputerowych.

Ocenia się [18]:

- Kąt szyjkowo-trzonowy (NSA) wynoszący  $135^{\circ} \pm 10^{\circ}$
- Tyłokręcenie głowy kości ramiennej wynoszące  $20^{\circ}$ - $40^{\circ}$
- Kąt ustawienia szyjki anatomicznej wynoszący  $45^{\circ}$
- Przemieszczenie odłamów – odległość i ustawienie kątowe

U chorych, u których nie jest możliwe wykonanie projekcji pachowej (ze względu na silny ból) zaleca się wykonywanie zdjęć w projekcji Velpeau [19] - chory z kończyną górną unieruchomioną w temblaku odchyła się do tyłu o około  $30$ - $45^{\circ}$  nad stołem rentgenowskim.



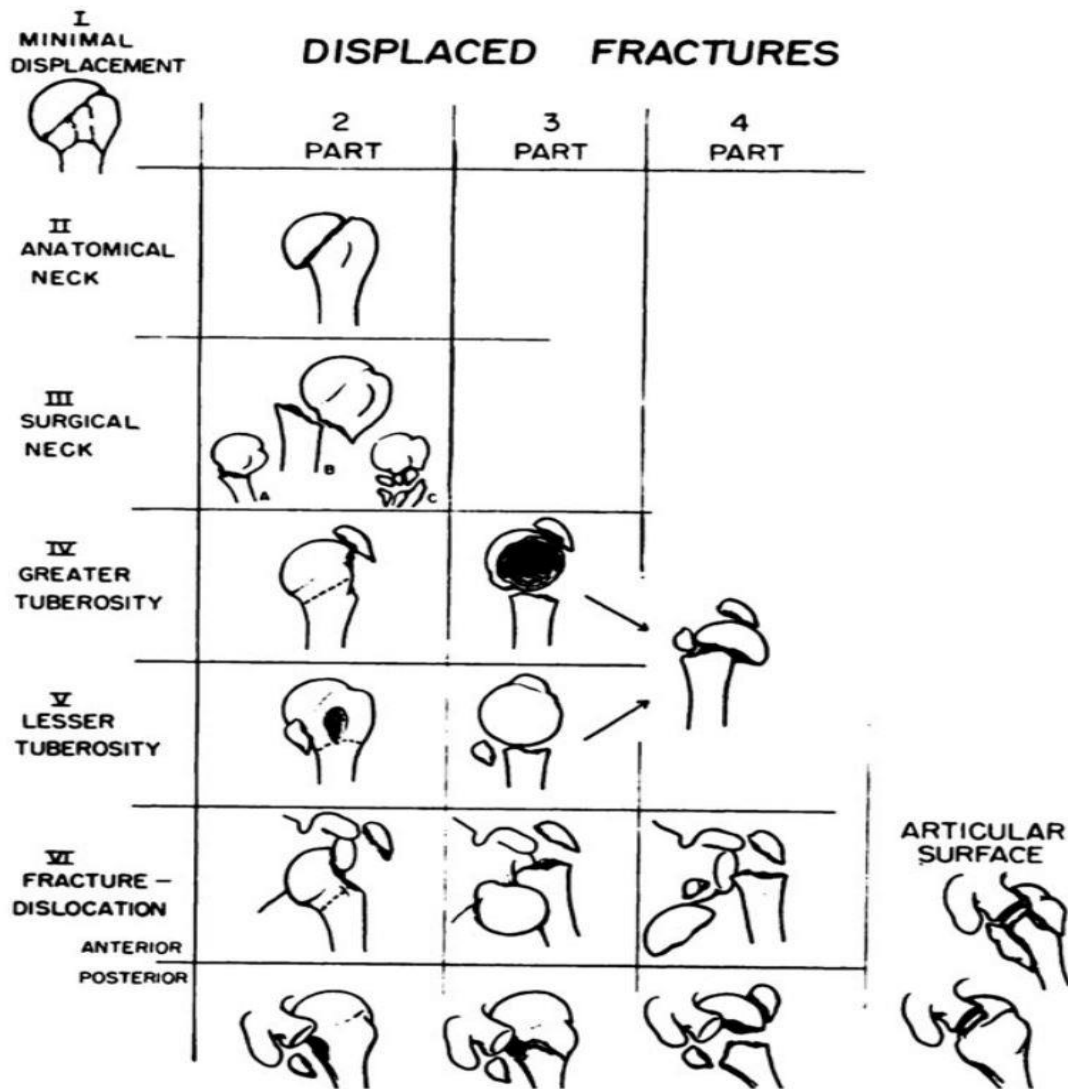
## 1.5 Klasyfikacje złamań końca bliższego kości ramiennej

Najczęściej stosowaną klasyfikacją w złamaniach bliższego końca kości ramiennej jest klasyfikacja zaproponowana przez Neera w 1970 roku. Najważniejsze w tej klasyfikacji jest podział złamań bliższego odcinka kości ramiennej na dwa, trzy lub cztery główne fragmenty anatomiczne [20]:

- - głowę kości ramiennej
- - guzek większy kości ramiennej
- - guzek mniejszy kości ramiennej
- - trzon kości ramiennej

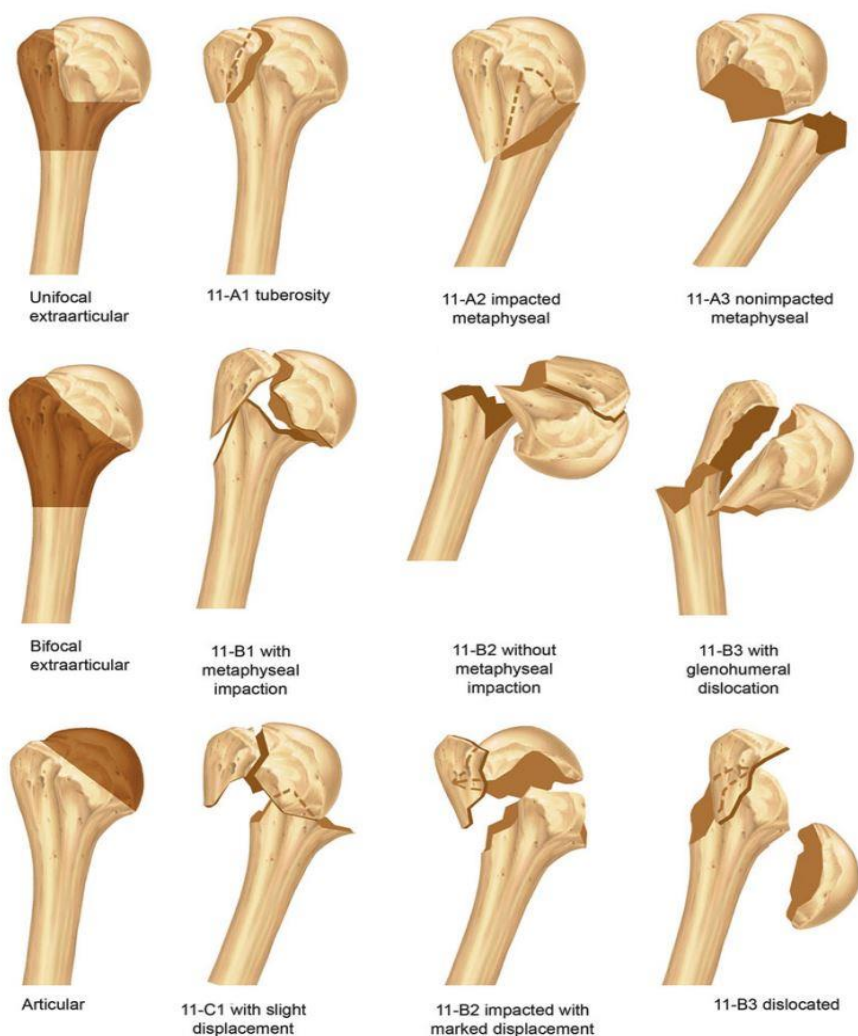
Klasyfikacja podzieliła złamania na 6 grup, wśród których występują 16 typów złamań bliższego końca kości ramiennej – oparte na podstawie stopnia przemieszczenia wyżej wymienionych fragmentów.

Klasyfikacja dodatkowo uwzględnia występowanie głównych szczelin złamania w obrębie szyjki anatomicznej i chirurgicznej, guzków większego i mniejszego oraz ewentualnie współwystępujące zwichnięcie głowy kości ramiennej. Użyteczność kliniczna klasyfikacji wynika z jej uniwersalności, powtarzalności oraz użyteczności w trakcie planowania leczenia operacyjnego. Złamania, które głównie były brane pod uwagę w mojej pracy odnoszą się do złamań czterofragmentowych, które dotyczą przemieszczenia ponad 1 cm i/lub zagięcia kąтового ponad 45 stopni wszystkich, głównych odłamów bliższego odcinka kości ramiennej.



Ryc. 4 Klasyfikacja Neera złamań bliższego końca kości ramiennej [20]

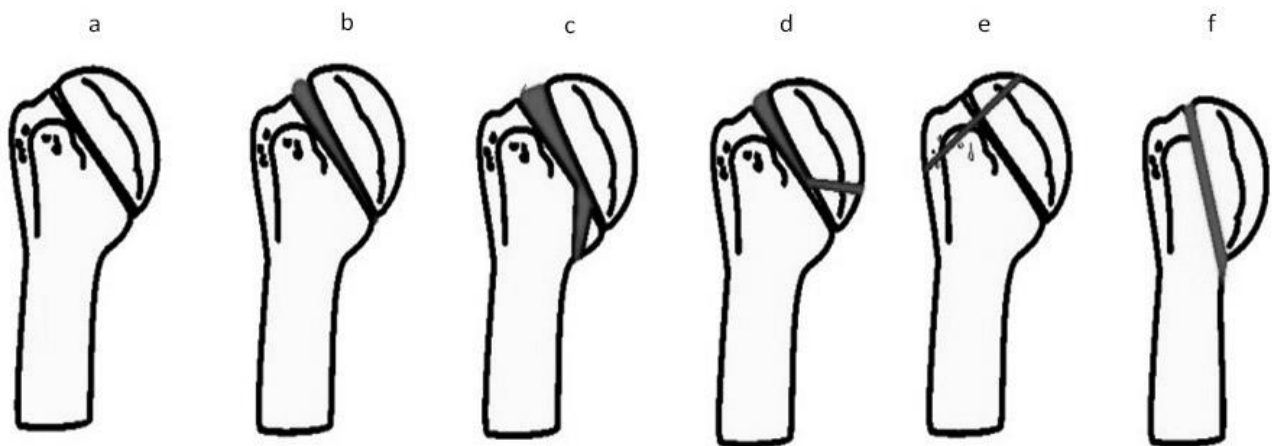
Kolejną wszechstronną i ogólnie przyjętą klasyfikacją jest klasyfikacja AO/ASIF (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (niem.) / association for the study of internal fixation). Jest to klasyfikacja alfanumeryczna, która podobnie jak klasyfikacja Neera zwraca uwagę na pozostała zaopatrzenie naczyniowe do fragmentu głowy kości ramiennej. Typy A, B i C są głównymi kategoriami podziału. W tym systemie urazy sklasyfikowane są wzrastającą, wraz z rosnącym ryzykiem wystąpienia martwicy niedokrwiennej głowy kości ramiennej. Następnie wszystkie powyższe typy są podzielone szczegółowo i zawierają większość występujących złamań. Klasyfikacja AO/ASIF w mniejszym stopniu niż klasyfikacja Neera decyduje o sposobie leczenia, jednak coraz częściej jest używana do opisu złamań bliższego końca kości ramiennej w literaturze.



Ryc. 5 Klasyfikacja AO/ASIF złamań bliższego końca kości ramiennej [16]

W przypadku złamań występujących u dzieci, w aż 15% dochodzi do złamania przechodzącego przez chrząstkę wzrostową bądź nasadę uszkadzając ją w mniejszym, lub większym stopniu. W takich przypadkach stosowana jest skala Saltera - Harrisa (1963), określająca typ uszkodzenia chrząstki wzrostowej. Definiuje się podstawowe 5 typów złamań [21]:

- przez chrząstkę wzrostową
- przez chrząstkę wzrostową i przynasadę
- przez chrząstkę wzrostową i nasadę
- przez chrząstkę wzrostową, przynasadę i nasadę
- kompresję chrząstki



Ryc. 6 Klasyfikacja Saltera-Harrisa: a – złamanie przez chrząstkę wzrostową, b – złamanie przez chrząstkę i przynasadę, c – złamanie przez chrząstkę i nasadę, d – złamanie przez chrząstkę, nasadę i przynasadę, e – kompresyjne [42]

## 1.6 Leczenie złamań bliższego końca kości ramiennej

Większość złamań bliższego końca kości ramiennej leczy się zachowawczo. Jednakże w sytuacji leczenia operacyjnego za złoty standard uważa się leczenie płytą kątowo-stabilną oraz gwoździem śródszpikowym. Według literatury żadna z powyższych metod nie przeważa nad drugą.

### Złamania nieprzemieszczone i minimalnie przemieszczone

Ponad 80-90% złamań bliższego końca kości ramiennej może być leczone zachowawczo [22]. Pacjentów ze złamaniami nieprzemieszczonymi i nieznacznie przemieszczonymi leczy się w orzezie typu Dessaulta przez okres około 3 tygodni [23]. Ważna jest jednak kontrola w 5-7 dniu od złamania, ponieważ w tym okresie najczęściej dochodzi do wtórnych przemieszczeń fragmentów – przemieszczenia są efektem napięcia mięśni mających swe przyczepy dystalne w obrębie odpowiednich segmentów kostnych. Aby przeciwdziałać przemieszczeniom warto wdrożyć odpowiednie modyfikacje unieruchomienia. Nieprzemieszczone złamania masywu guzka większego korzystnie jest unieruchamiać w odwiedzeniu i niewielkiej rotacji zewnętrznej ramienia w opatrunku gipsowym piersiowo-ramiennym odwodzącym lub w orzezie odwodzącej niwelując tym samym ryzyko przemieszczenia masywu guzka poprzez napinanie mięśnia nadgrzebieniowego, a przy rozległych złamaniach – również i podgrzebieniowego. Z kolei ryzyko przemieszczeń złamań masywu guzka mniejszego wywołanych napięciem mięśnia podłopatkowego zmniejszają rotacje wewnętrzne ramienia (klasyczny opatrunek unieruchamiający Dessaulta).

Złamania szyjki chirurgicznej i anatomicznej są najczęściej spowodowane urazem pośrednim – upadku na wyprostowaną kończynę górną [24-26]. Złamaniami te częściej występują w przypadku zmniejszonej wytrzymałości tkanki kostnej, stąd też często występują one u osób starszych z zaawansowaną osteoporozą. Należy jednak pamiętać, że złamania tej okolicy mogą być również złamaniami patologicznymi, ponieważ bliższy koniec kości ramiennej jest częstym miejscem przerzutów raka płuca, sutka i wielu innych, jak również drugą co do częstości występowania lokalizacją pierwotnych nowotworów kości (u dorosłych kostniakomięsak, guz olbrzymiokomórkowy, szpiczak mnogi, u dzieci i młodych dorosłych torbiel samotna, torbiel tętniakowata).

## Złamania przemieszczone

Leczenie operacyjne jest zalecane, gdy zgodnie ze klasyfikacją Neera doszło do przemieszczenia odłamów w stosunku do położenia anatomicznego ocenianego fragmentu (spełniony musi być jeden, albo oba warunki) [27-29]:

- odległość między fragmentami jest większa niż 1cm
- przemieszczenie kątowe odłamów jest większe niż  $45^\circ$  w stosunku do położenia anatomicznego.

Złamania wieloodłamowe stanowią obecnie największe wyzwanie we współczesnej traumatologii. Leczenie operacyjne jest zazwyczaj konieczne, zwłaszcza u pacjentów młodych. Złamania wieloodłamowe stanowią do 20% złamań bliższego końca kości ramiennej [30,31].

Bezwzględne wskazania do leczenia operacyjnego są bardzo rzadkie (<1% [30]). Dotyczą sytuacji takich jak: złamanie otwarte, złamania z uszkodzeniami naczyniowymi zagrażającymi utracie kończyny, ciężkimi uszkodzeniami obręczy barkowej (np. bark pływający) oraz czasami złamań patologicznych.

Za leczeniem operacyjnym przemawia także możliwość wcześniejszego podjęcia przez chorego rehabilitacji po urazie, co umożliwi wcześniejszy powrót do pracy (RTW), oraz ogranicza powikłania związane z unieruchomieniem – co jest niezwykle istotne zwłaszcza u młodszych pacjentów [32,33].

Istnieje wiele technik operacyjnych wykorzystywanych w leczeniu bliższego końca kości ramiennej. Kwalifikacja do leczenia opiera się o morfologię złamania, jakość tkanki kostnej, wiek biologiczny pacjenta oraz inne czynniki zależne od pacjenta (np. urazy innych narządów, porażenie czterokończynowe).

Izolowane złamania guzków (większego lub mniejszego) można z powodzeniem stabilizować wkrętem kostnym lub metodą poprzęgu po ich anatomicznym

Zreponowaniu [34,35]. Stabilność zespolenia uzależniona jest jednak od jakości tkanki kostnej (największe ryzyko destabilizacji stanowi znaczny zanik kostny w zaawansowanej osteoporozie) oraz stopnia współpracy chorego w procesie leczenia.

Przemieszczone złamania szyjki chirurgicznej mogą być z powodzeniem stabilizowane techniką gwoździowania śródszpikowego. Technika ta umożliwia bowiem uzyskanie niezwykle stabilnego zespolenia przy minimalnym dostępie operacyjnym, a więc przy bardzo ograniczonym jatrogennym uszkodzeniu tkanek miękkich [36].

Złamania trój- i czterofragmentowe są obecnie najczęściej zaopatrywane techniką otwartej repozycji z wewnętrzną stabilizacją (ORIF) - zespoleniami płytkami kątowno-stabilnymi (ASP), albo techniką zamkniętej repozycji z wewnętrzną stabilizacją (CRIF) – zespolenie gwoźdźmi śródszpikowymi (IMN) [37-42].

Na podstawie dostępnej literatury nie da się jednoznacznie określić, która z wyżej wymienionych technik jest lepsza. Obie techniki dają porównywalne długoterminowe wyniki [43]. Stabilizacja przy pomocy ASP zapewnia lepsze wczesne wyniki funkcjonalne, najprawdopodobniej dzięki lepszemu odtworzeniu anatomii kości ramiennej w trakcie operacji [44], jest to jednak kompensowane w dłuższej obserwacji, ze względu na szybszą rekonwalescencję i przywracania funkcji kończyny po IMN [45].

## **2. Założenia i cele pracy**

Porównanie wyników operacyjnego leczenia wieloodłamowych złamań bliższego odcinka kości ramiennej przy zastosowaniu techniki osteosyntezy śródszpikowej oraz osteosyntezy płytkowej.

1. Jaka jest funkcja stawu ramiennego i sprawności kończyny po leczeniu osteosyntezą śródszpikową oraz osteosyntezą płytkową?
2. Która technika daje lepsze wyniki operacyjnego leczenia złamań bliższego odcinka kości ramiennej - osteosynteza śródszpikowa czy osteosynteza płytkowa - przed i w trakcie pandemii COVID – 19?



### **3. Cykl publikacji stanowiących pracę doktorską**

## Analiza niepowodzeń leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w materiale własnym

### Failures of Operative Treatment of Comminuted Fractures of Proximal Humerus in Own Material

Grzegorz Szczęsny<sup>(A,B,D,E,F)</sup>, Karol Ratajczak<sup>(B,E,F)</sup>, Grzegorz Fijewski<sup>(D,E)</sup>,  
Paweł Małyk<sup>(E)</sup>

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Polska  
Department of Orthopedics and Traumatology of the Musculoskeletal System, Medical University of Warsaw, Poland

#### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Złamania bliższego końca kości ramiennej stanowią 4-10% wszystkich złamań. Częstość ich występowania wzrasta po 40. roku życia wraz z narastającym zanikiem kostnym.

**Material i metody.** Analizując powikłania operacyjnego leczenia złamań bliższego końca kości ramiennej w grupie 131 chorych oceniano pooperacyjne obrazy rtg, na podstawie których wyselekcjonowano 25 chorych poddając ocenie zarówno przebieg leczenia, jak i jego wynik ostateczny.

**Wyniki.** Niewłaściwą stabilizację stwierdzono u 16 chorych, przy czym u siedmiu upośledzała ona funkcję kończyny wskutek braku anatomicznej repozycji (w tym u jednego operowanego w piątym tygodniu po urazie, u którego doszło do destabilizacji guzka większego wskutek silnego przykurczu mięśnia nadgrzebieniowego) lub konfliktu implantu z wyrostkiem barkowym łopatki, (trzech chorych), a u dziewięciu nie miała wpływu na wynik leczenia. U dwóch chorych przyczyną destabilizacji pierwotnie prawidłowej repozycji było przenoszenie przez kończynę ciężaru ciała bezpośrednio po operacji. Również u dwóch doszło do jałowej martwicy głowy kości ramiennej. W jednym przypadku złamanie okazało się być patologiczne, wymagając dalszego postępowania onkologicznego. U czterech chorych stwierdzono błędy pozorne, wynikające z niewłaściwie wykonanych pooperacyjnych zdjęć rtg.

**Wnioski.** 1. Nasze obserwacje wskazują, że w operacyjnym leczeniu wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej najistotniejsze znaczenie mają anatomiczna repozycja odłamów, zwłaszcza tych zawierających powierzchnię stawową i przyczepy mięśniowe i ich stabilne zespolenie oraz precyzyjne osadzenie implantów. 2. Niestety, w części przypadków czynniki obiektywne wpływające na rodzaj i termin wykonywanych operacji skazują je *a priori* na niepowodzenie. W tych wypadkach kontrowersyjne jest zatem podejmowanie leczenia operacyjnego. 3. Należy liczyć się też z możliwością obecności patologii nowotworowej wymagającej odpowiedniego postępowania onkologicznego.

**Słowa kluczowe:** złamania bliższego końca kości ramiennej, złamania wieloodłamowe, stabilizacja złamań, powikłania pooperacyjne

#### SUMMARY

**Background.** Fractures of the proximal humerus make up 4 to 10% of all fractures. Their incidence increases with age, usually affecting individuals over 40 years old, reflecting the mineral status of the bone.

**Material and methods.** Out of a group of 131 patients operated on due to comminuted proximal humeral fractures, 25 cases presenting inappropriate postoperative results were selected for further analysis.

**Results.** Failures were found in 16 cases, but affected the final outcome in seven cases only (lack of anatomical repositioning of bone fragments, including one that was stabilized at the fifth postfracture week, in whom a severe contracture of the supraspinatus muscle dislocated the major tubercle, or conflict of the implant with the acromion), and were negligible in the other nine. In two, properly stabilized major tubercles were dislocated due to their bearing the body weight immediately after the procedure. Another two developed necrosis of the humeral head, and in one the fracture was revealed to be pathological, requiring further oncological treatment. In four cases, ostensible false stabilizations were recorded as a consequence of inappropriate patient positioning for x-rays.

**Conclusions.** 1. Our observations indicate that anatomical repositioning of bone fragments, especially those containing articular surface and muscle attachments, and their firm stabilization as well as proper implant positioning are crucial for the final result. 2. In some cases objective and unpredictable factors influencing the type and time of intervention affect the final results. In those cases the decision to operate seems to be controversial. 3. The possibility of a pathological fracture should also be remembered, as such fractures require an appropriate oncological treatment.

**Key words:** proximal humeral fractures, comminuted fracture, fracture fixation, postoperative complications

## WSTĘP

Złamania bliższego końca kości ramiennej stanowią 4-10% wszystkich złamań [1,2]. Częstość ich występowania wzrasta po 40. roku życia wraz z narastającym zanikiem kostnym co powoduje, że u osób po 65 r. ż. stanowią one już trzecią co do częstości występowania lokalizację złamań [3,4]. Ich leczenie może być zarówno zachowawcze, jak i operacyjne. To pierwsze wymaga odpowiednio długotrwałego unieruchomienia zagrażając przykurczem stawu ramiennego [5]. Z tych też powodów, u chorych w młodym i średnim wieku coraz częściej stosowane są metody leczenia operacyjnego, rezerwując leczenie zachowawcze dla chorych ze złamaniami nieprzemieszczonymi oraz przy braku możliwości podjęcia leczenia operacyjnego z powodu braku zgody chorego lub obciążenia internistycznych [6,7]. Tym bardziej, że leczenie operacyjne przyspiesza uzyskanie zrostu kostnego, wiąże się z mniejszym odsetkiem zrostów opóźnionych i brakiem zrostu [8]. Natomiast u chorych w zaawansowanym wieku zasadność leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej poddawana jest w wątpliwość z braku istotnych różnic funkcjonalnych w porównaniu leczeniem zachowawczym, w wieloletnich obserwacjach klinicznych [9,10].

Niezaprzeczną przewagą leczenia operacyjnego nad zachowawczym jest stabilne zespolenie odcinków kostnych pozwalające na zrezygnowanie z unieruchomienia. Jego stosowanie pozwala zatem uniknąć powstania przykurczów i zaników mięśniowych, jest też znacznie lepiej tolerowane przez chorych. Podstawą powodzenia jest anatomiczna repozycja i stabilne zespolenie zapobiegające wtórnym przemieszczeniom [11]. Można to uzyskać technikami stabilizacji wewnętrznej z użyciem płytek przykostnych (obecnie najczęściej kątowno – stabilnych) lub gwoździ śródszpikowych, w tym z racji wieloodłamowego charakteru złamania również rekonstrukcyjnych, a w przypadku złamań ze znaczną liczbą drobnych fragmentów trudnych do zrekonstruowania – alloplastyką stawu ramiennego. Jednak nie zawsze wyniki operacji są w pełni satysfakcjonujące, a ostateczny efekt leczenia budzi wątpliwości co do zasadności podejmowania ich przeprowadzania. Może to wynikać zarówno z błędów popełnionych w trakcie stabilizacji, jak i z następującego po nim usprawniania. Może być też efektem uwarunkowań, na które zespół leczący nie ma wpływu.

Pytanie kiedy, u którego chorego i przy użyciu jakiej techniki stabilizacji zostanie osiągnięty optymalny, ostateczny wynik leczenia, często pozostaje w sferze przypuszczeń, stając się powodem licznych opra-

## BACKGROUND

Fractures of the proximal humerus make up 4 to 10% of all fractures [1,2]. Their incidence increases with age, usually affecting individuals over 40 years old, reflecting the mineral status of the bone, namely osteoporosis. Regularly affecting individuals in the sixth decade of life and older, they form, together with fractures of the spine, hip, distal radius and ribs, the most common osteoporotic fractures [3,4].

The treatment of proximal humeral fractures may be conservative or surgical. The former requires long-term immobilization, which is uncomfortable, affects cardio-pulmonary efficiency and may lead to a shoulder contracture [5]. Due to those inconveniences, young and middle-aged patients are nowadays usually treated operatively, whereas conservative treatment is reserved for non-displaced fractures and fractures affecting patients presenting significant life-threatening comorbidities precluding surgical intervention [6,7]. The patient's comfort is also of value, because absence of the need to immobilize the limb improves patient's physical efficiency, enabling social and even professional activities. Thus, the number of stabilizations performed is increasing, demonstrating faster recovery time and lower complication rates, including joint stiffness, delayed unions and nonunions [8]. Nevertheless, observations performed in older patients have shown that the results of operative stabilizations are not so prominent as in younger ones. In this particular group, due to severe bone loss that precludes stable osteosynthesis and poor physical and mental cooperation limiting postoperative rehabilitation, long-term functional results are comparable with those obtained with conservative treatment [9,10].

An advantage of surgical over conservative treatment is the possibility of anatomical reduction of bone fragments and firm stabilization. In consequence, the risk of secondary displacements is minimal and postoperative immobilization is not required [11].

Currently, intramedullary nailing (interlocking or reconstructive) and plate (usually angularly stable) fixations are the most common techniques. Both enable stabilizations that provide sufficient conditions for satisfactory fracture repair. Nevertheless, both of them have some advantages and limitations. Intramedullary nailing can be performed using small surgical approaches that reduce iatrogenic traumatization of operated tissue. However, at the same time, there is no access to the fracture gap, making anatomical repositioning of bone fragments problematic. Plate fixations provide much better exposure of the operative field, but much higher postoperative scarring contributes to joint stiffness. In comminuted fractures con-

cowań i analiz [12]. Niewątpliwie na wybór konkretnej metody operacyjnej wpływ mają wnioski uprzednich metaanaliz oraz możliwości i doświadczenie ośrodka, w którym leczenie jest prowadzone.

Leczenie operacyjne wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej może być obciążone różnego rodzaju powikłaniami. Obserwacje kliniczne wykazują jednak, że nie zawsze niedoskonałości operacyjne prowadzą do niekorzystnych następstw, nie mając de facto znaczenia ani dla procesu gojenia złamania, ani dla pooperacyjnej sprawności kończyny. Niemniej jednak wiedza na temat ich wpływu na ostateczny efekt operacji pozostaje nieznaną.

W niniejszej pracy przedstawiono analizę przyczyn niedoskonałości efektów leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej, koncentrując się na ocenie pooperacyjnych obrazów rentgenowskich złamania oraz ich wpływu na ostateczny efekt operacji.

## MATERIAŁ I METODY

Retrospektywnej analizie poddano grupę 131 dorosłych chorych leczonych operacyjnie z powodu wieloodłamowych (tj. co najmniej trzyfragmentowych), przemieszczonych złamań bliższego końca kości ramiennej w latach 2013-2017.

Wykonanymi operacjami były stabilizacje złamań z użyciem płytek kątowno – stabilnych (System 5.0, ChM, Polska lub Philos, DePuy Synthes, Szwajcaria; 55 chorych) i osteosynteza śródżpkowa z użyciem gwoździ śródżpkowych i rekonstrukcyjnych (Medgal, Polska lub Telegraph; FH Orthopedic Indu-

sisting of a large number of small fragments that it is difficult or impossible to reduce anatomically, as typically seen in osteoporotic bone, shoulder arthroplasty is recommended.

Each of the above techniques has some advantages and disadvantages that should be considered when planning the intervention. The final result, represented by bone union and good limb function, is additionally affected by several factors, including possible infection, patient's predispositions for excessive scarring (keloids), patient involvement and cooperation in the treatment process, and comorbidities and their treatment. Thus, the result of the surgery could not be always satisfactory, usually due to use of an inappropriate technique for a particular clinical case, technical errors made during the operation, and several other factors and conditions beyond control of the medical staff.

The question, which stabilization technique or arthroplasty is the most useful and when remains unanswered. Several attempts to answer it have already been made, including numerous studies [12]. Without doubt, the surgeon's personal experience and accessible instrumentation have a very strong influence on the choice of a particular method of treatment. Nevertheless, even under the best of circumstances none of these factors ensures full success, since several surgical imperfections are regularly observed that may influence the final result. In orthopedic surgery, postoperative assessment of the procedure is usually made basing on postoperative x-rays showing quality of the restoration of anatomical structures and implant positioning. However, clinical practice indicates that some surgical imperfections, when they occur, do not affect the final results, as bone union proceeds adequately and satisfactory limb functionality is restored. In this paper, we analyze their types and underlying causes as well as their impact on the results of surgical treatment of comminuted fractures of the proximal humerus, basing on postoperative x-rays.

## MATERIAL AND METHODS

A group of 131 adult patients following surgical treatment of comminuted (at least three-part according to the Neer classification) fractures of the proximal humerus in our Department between Jan 2013 and Dec 2017 was analyzed retrospectively. The operations included stabilizations using angularly stable plates (System 5.0, ChM, Poland or Philos, DePuy Synthes, Switzerland; 55 patients) and intramedullary osteosynthesis using intramedullary or reconstructive nails (Medgal, Poland or Telegraph; FH Orthopedic Industrie, France; 41 patients). In 14 patients,

strie, Francja; 41 chorych). U 14 chorych zespolenia wykonano z użyciem drutów Kirschnera, prętów Rusha lub wkrętów kostnych AO. W tej grupie najliczniejszymi operacjami były stabilizacje złamanych guzków kości ramiennej, które, o ile spełniały kryteria określone wstępnie (tj. złamania były co najmniej trzyfragmentowe), włączono do analizy. U 21 chorych, z powodu charakteru złamań niegwarantującego uzyskania funkcjonalnie korzystnego wyniku leczenia i w zaawansowanym wieku, wykonano alloplastykę połowiczą stawu ramiennego (Anatomical Arrow; FH Orthopedic Industrie, Francja).

Analizując wyniki przeprowadzonych operacji, oceniano na pooperacyjnych obrazach rtg dokładność anatomicznej repozycji odłamów i skuteczność ich stabilizacji (brak przemieszczania w trakcie 6-18 miesięcznej obserwacji) oraz umiejscowienie i symetrię osadzenia implantu. W przypadku stwierdzonych mankamentów, do których zaliczano brak anatomicznej repozycji odłamów (diastaza guzków kości ramiennej większa niż 10 mm, brak odtworzenia anatomicznego kształtu bliższego końca kości ramiennej, a zwłaszcza zawierającej chrząstkę stawową głowy), niesymetryczne osadzenie wszczepu kostnego oraz jego konflikt z panewką i wyrostkiem barkowym łopatki, wynik operacji oceniano jako wątpliwy. W takim przypadku dokładnej analizie poddawano dokumentację leczenia (historia choroby oraz wszystkie dostępne badania obrazowe) oraz, o ile było to możliwe, oceniono klinicznie funkcjonalny wynik leczenia. Wykonywano również kontrolne badania rtg w projekcji PA, osiowej i łopatkowej bocznej „Y”.

## WYNIKI

Wytypowano 25 chorych, u których efekt terapeutyczny oceniliśmy na niezadowalający, co wynikało z braku anatomicznej repozycji odłamów (zwłaszcza tych zawierających powierzchnię stawową i przyczepu mięśni), braku stabilności zespolenia czy nieprecyzyjne osadzenie implantów. Wyróżniono przy tym sześć grup chorych w zależności od rodzaju uwidocznionych nieprawidłowości.

Grupę I (n=4) stanowili chorzy, których wykonane w niewłaściwej projekcji pooperacyjne obrazy rtg sugerowały nieprawidłowy wynik wykonanej operacji, co potwierdzono wykonując badanie w wystandaryzowanych projekcjach (zdjęcie w projekcji PA z kończyną górną przywiedzioną i zgiętą w stawie łokciowych do kąta 90 stopni, skierowaną pod kątem ok. 15 stopni przysiódkowo od osi strzałkowej). Wykonane w niewłaściwej projekcji zdjęcia pooperacyjne dawały fałszywy obraz, sugerujący niekorzystne ustabilizowanie złamania w dwóch przypadkach sta-

fractures were stabilized using Kirschner wires, Rush rods or AO screws. In this group, the most numerous operations were stabilizations of humeral tubercles that were included into the study if they met the pre-defined criterion of being at least three-part fractures. In 21 cases, hemiarthroplasty of the shoulder was performed using the Anatomical Arrow prosthesis (FH Orthopedic Industrie, France).

Analysis of the results of the operations focused on the quality of the reduction of bone fragments and the effectiveness of their stabilization (lack of dislocation during follow-up) as well as location of the implant as visualized on postoperative X-rays. Every imperfection was identified, including inappropriate reduction of bone fragments, dislocation of the tubercles of the humeral bone of more than 10 mm, lack of restoration of anatomical conformation of the proximal humerus (dislocation or angulation of the bone fragments containing articular cartilage or muscle attachments), inadequate implant positioning or its conflict with anatomical structures (i.e. screws perforating humeral head or implants conflicting with the acromion) or inappropriate qualification for the type of operative procedure used. For those cases, medical documentation was carefully analyzed and, if applicable, the final functional outcome of the treatment was assessed. Additionally, X-rays were performed in precise standard PA, axial and lateral scapular (Y) views.

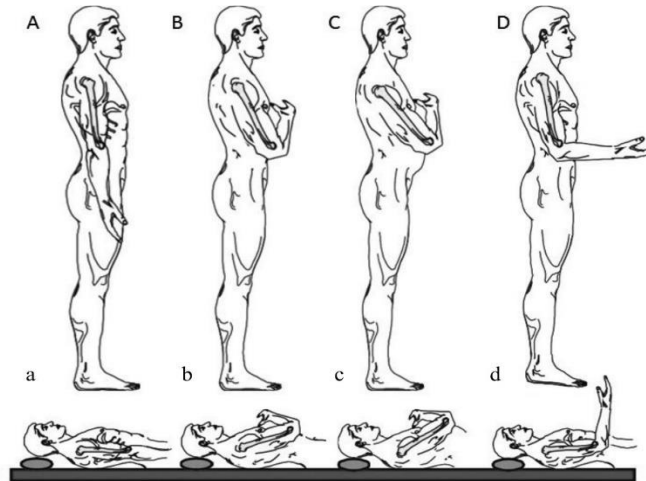
## RESULTS

Out of a group of 131 patients, 25 were identified presenting unsatisfactory anatomical reduction of bone fragments, their inadequate or inappropriate stabilization, or inaccurate implant usage or positioning. Basing on those observations six groups of imperfections were identified.

In Group I (n=4), technical errors during postoperative x-ray examinations produced images suggesting inadequate fracture reduction or implant positioning. Follow-up radiographs obtained in a precise PA view (humeral long axis parallel to the x-ray cassette, elbow flexed to 90 and arm rotated interiorly ca 15 degrees) allowed for identifying the problem, which usually originated from performing postoperative x-rays in a limb immobilized in a shoulder brace with the limb rotated interiorly (the forearm lying on the trunk) and the shoulder flexed. Those technical errors turned out to be the most prominent in obese patients (Fig. 1 and Fig. 2).

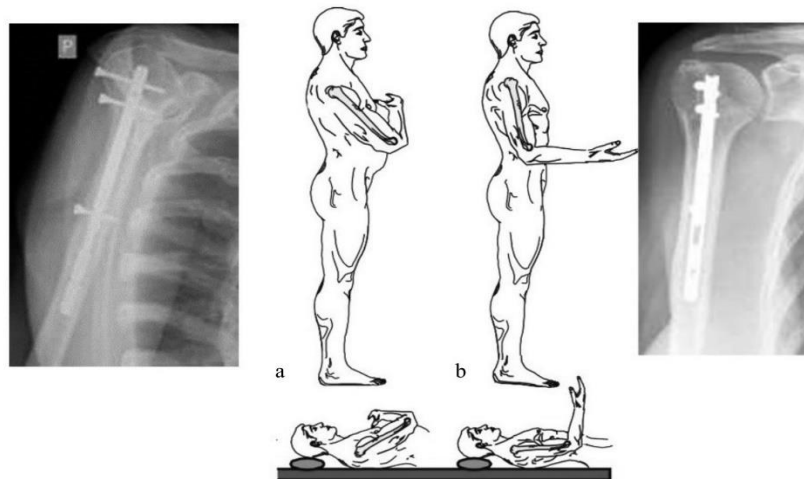
bilizacji gwoździem śródszpikowym i po jednym stabilizacji płytkowej i stabilizacji wkrętami kostnymi. Przyczyną mylnej oceny było wykonywanie ekspozycji rentgenowskich kończyny unieruchomionej

Technical errors on postoperative x-rays suggested improperly performed stabilizations in two cases using intramedullary nailing and stabilizations with a plate and bone screws (one for each).



Ryc. 1. Zależność ustawienia kości ramiennej względem płaszczyzny kasety rentgenowskiej. Kończyna zwisająca swobodnie wzdłuż tułowia (a) oraz unieruchomiona w temblaku u chorego z prawidłowym odżywieniem (b) i otyłego (c). Prawidłowa pozycja kończyny podczas wykonywania zdjęć stawu ramiennego (d)

Fig. 1. Relationship between position of humerus relative to axis of x-ray cassette. Limb hanging freely along the trunk (a) and immobilized in a sling in patient of normal nutritional status (b) and obese (c). Correct position of limb for glenohumeral joint radiograph (d)



Ryc. 2. Mylący obraz Rtg stawu ramiennego – badania wykonanego w unieruchomieniu kończyny w temblaku (a) i w projekcji prawidłowej (b)

Fig. 2. Misleading x-ray appearance of glenohumeral joint with limb immobilized in a sling (a) and with correct positioning (b)

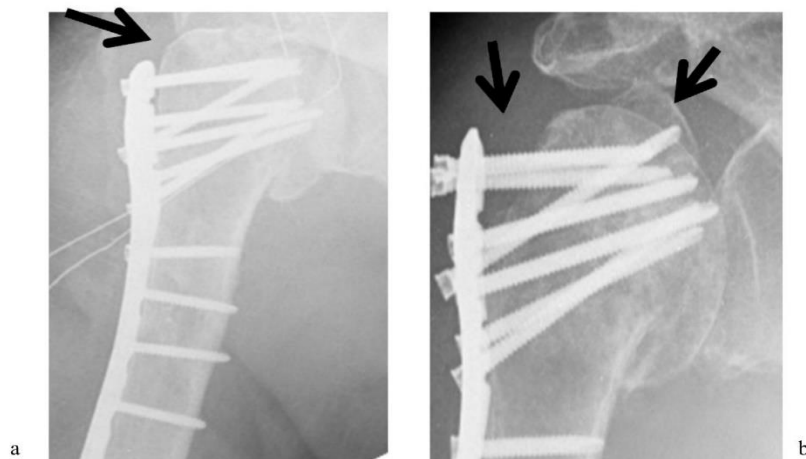
w temblaku/ortezie ułożonej na brzuchu chorego, przy znacznej jego otyłości (Ryc. 1 i Ryc. 2).

W Grupie II (n=2) przyczyną destabilizacji złamania okazało się nieprzestrzeganie przez chorego zaleceń odciążenia operowanej kończyny. Do przemieszczeń doszło po stabilizacji płytkowej i po zespoleniu złamań fragmentów odłamanego guzka większego. W obu przypadkach przemieszczenia masywów guzków większych kości ramiennej wynikały z konieczności dźwignia ciężaru ciała przez kończyny górne podczas wykonywania podstawowych czynności życiowych u chorego po urazowej amputacji obu kończyn dolnych na poziomie ud i u chorej po realloplastyce stawu biodrowego prawego z powodu obłuzowania septycznego protezy i alloplastyce biodra lewego (Ryc. 3).

W najliczniej reprezentowanej Grupie III (n=9) stwierdzono wprawdzie niedoskonałości techniczne osadzenie implantów lub nie całkiem anatomiczne zreponowanie odłamów, jednak, jak pokazały kolejne kontrolne obrazy rentgenowskie, nie wpływało to negatywnie na proces leczenia ani na ostateczną funkcję stawu ramiennej. Uzyskano bowiem zadowalający zrost kostny, a osadzone protezy nie wykazywały tendencji do zwichania, wykazując tym samym osiągnięcie zakładanego celu wykonywanych operacji (Ryc. 4, Ryc. 5, Ryc. 6).

In Group II (n=2), an unsatisfactory surgical outcome was due to the patient not complying with post-operative recommendations, that is loading the limb with massive forces shortly after the procedure, which resulted in secondary destabilizations. The complication occurred following both plate stabilization and screw fixation of the major tubercle (one for each). In both cases, displacements resulted from the need to bear the body weight to provide basic vital functions for a patient with both lower limbs amputated at thigh level and for a patient shortly after removal of a hip prosthesis due to septic loosening (Fig. 3).

Group III was the most numerous (n=9). In this group, technical imperfections of implant positioning or inadequate fracture reductions were identified; however, there was no negative impact on the healing process or functionality of the extremity. In stabilized fractures, satisfactory bone union was observed, and embedded prostheses did not tend to dislocate, showing that the intended objective of the operations had been achieved (Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6). Two patients with advanced osteoporosis were also included in this Group. In these patients, stabilizations of bone fragments of the humeral head were improved by piercing them with screws directed anteriorly and posteriorly, thus avoiding conflict with the scapular acetabulum at maximal internal and external

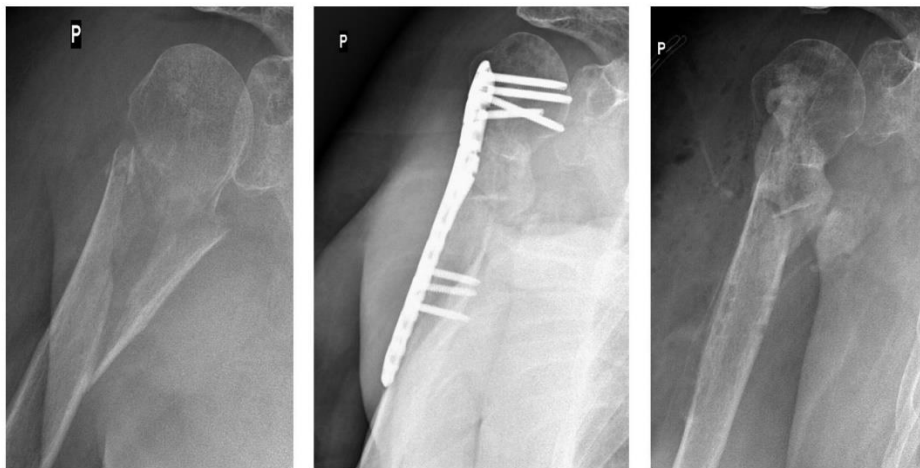


Ryc. 3. Obraz rtg pooperacyjny (a) i 6 tygodni po stabilizacji (b) z widocznym przemieszczeniem masywu guzka większego. Chora po usunięciu protezy prawego stawu biodrowego z powodu obłuzowania septycznego protezy, obciążająca kończynę bezpośrednio po operacji wskutek konieczności poruszania się o kulach

Fig. 3. Radiographic appearance immediately after surgery (a) and at 6 weeks after stabilization (b) with visible dislocation of the major tubercle. The female patient had had right hip joint endoprosthesis removed due to septic loosening shortly before shoulder surgery and was loading the upper limb immediately after surgery in order to ambulate using crutches



Ryc. 4. Obraz niesymetrycznie osadzonej endoprotezy stawu ramiennego niewpływający negatywnie na funkcjonalny wynik leczenia  
Fig. 4 Asymmetric positioning of shoulder joint prosthesis not affecting treatment outcome

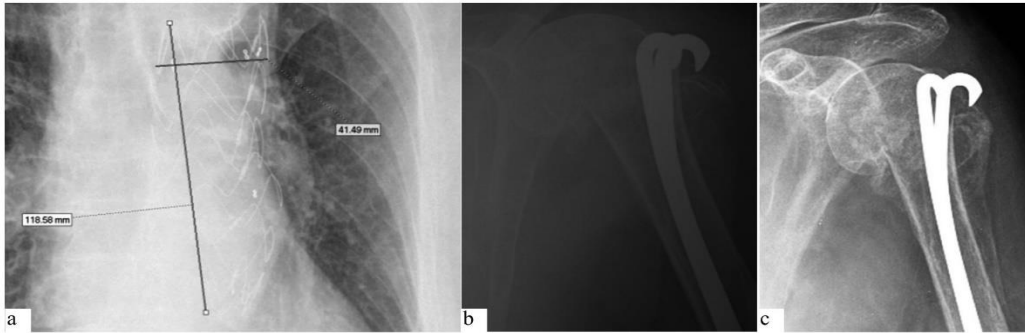


Ryc. 5. Obrazy nie w pełni anatomicznej repozycji wieloodłamowego złamania bliższego końca kości ramiennej niewikłającej efektu leczenia. Widoczny zrost kostny w korzystnym ustawieniu odłamów po usunięciu implantu  
Fig. 5. Not fully anatomical reduction of comminuted fracture of proximal humerus that has not compromised treatment outcome. Bone union is visible with advantageous position of bone fragments after implant removal



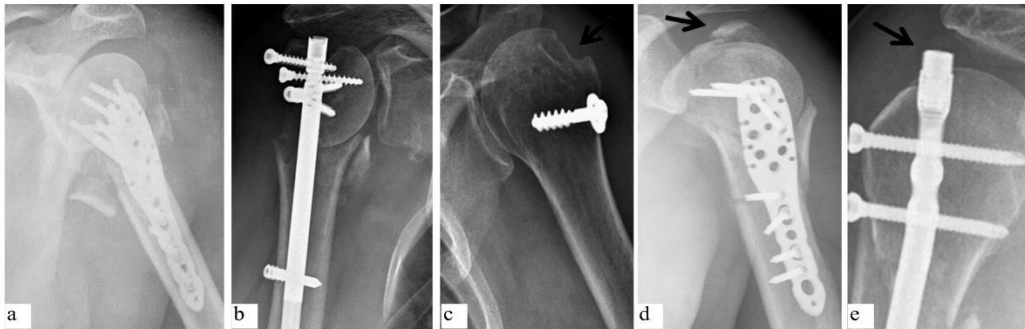
Do tej grupy zaliczono również operacje wykonane u dwóch chorych, w których stabilizację odłamów zawierających powierzchnię stawową głowy poprawiano głębokim kotwiczeniem wkrętów w chrząstce i podchrzęstnej warstwie kości z jej „prześrubowaniem” na 1-2 mm, kierując je do przodu lub do tyłu od stawu tak, aby nie wchodziły w konflikt z panewką (weryfikacja ustawienia w rtg-tv w maksymal-

shoulder rotation. Acceptable screw positioning was verified radiographically during the operation. In both cases, no limitation of range of motion of the shoulder was noticed postoperatively. The only limitation of this technique was the tendency of screws to migrate due to their weak anchoring to the plate (a side-effect of the (unintended by the manufacturer direction of their insertion).



Ryc. 6. Chora lat 89 ze złamaniem wieloodłamowym bliższego końca kości ramiennej po stentowaniu tętniaka aorty zstępującej (a), u której z powodu obciążeń kardiologicznych oraz stosowanego leczenia przeciwplateletowego i przeciwniekrwotycznego (clopidogrel z clexanem) niemożliwe było przeprowadzenie repozycji otwartej. Znacznego stopnia zanik kostny oraz złamanie guzka większego spowodowały przemieszczanie prętów Rusha poza obrys głowy kości ramiennej (b), co nie wpłynęło jednak negatywnie na wynik operacji pozwalając na uzyskanie zrostu kostnego w zadowalającym ustawieniu odłamów (c)

Fig. 6. 89-year-old female patient with comminuted fracture of proximal humerus after stenting of ascending aorta aneurysm (a) whose cardiac co-morbidities and antiplatelet and antithrombotic treatment (clopidogrel with clexane) precluded open reduction. Severe bone atrophy and fractured major tubercle caused migration of Rush rods beyond the outline of humeral head (b), which nevertheless did not affect surgical outcome and bone union was achieved with acceptable position of bone fragments (c)



Ryc. 7. Przykłady błędów stabilizacji. Brak zreponowania i skutecznej stabilizacji odłamów zaopatrzonych płytką (a) i gwoździem rekonstrukcyjnym (b) ze zrotowanym masywem stawowym głowy i brakiem repozycji guzków kości ramiennej, nieskuteczne zespolenie wkrętem korowym (c) i płytką (d) masywu guzka większego oraz nadmierne wystawianie gwoźdźcia śródszpikowego zaburzającego ruch w stawie ramiennym (e)

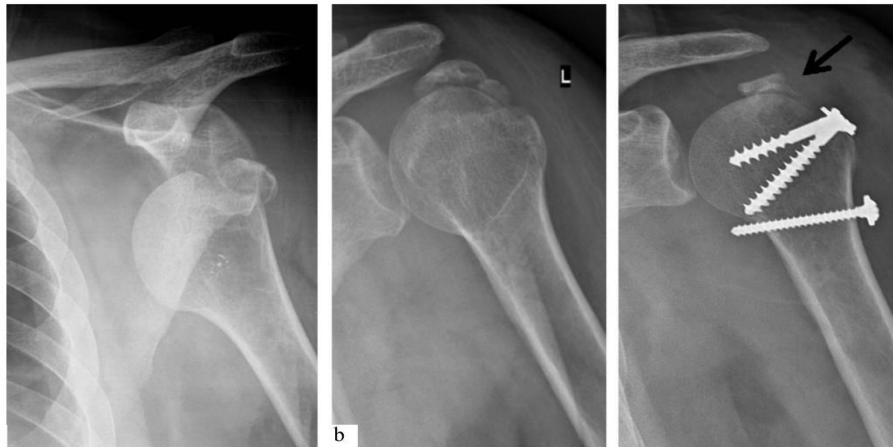
Fig. 7. Examples of stabilization errors. No repositioning or effective stabilization of bone fragments fitted with a plate (a) and reconstructive nail (b) with articular portion of humeral head rotated and no repositioning of humeral tubercles, ineffective fixation with screw (c) and plate (d) of major tubercle and excessive protrusion of intramedullary nail hampering movement of glenohumeral joint (e)

nych rotacjach wewnętrznej i zewnętrznej ramienia). Takie wprowadzanie wkrętów znacznie poprawiało stabilizację nie ograniczając zakresu ruchomości barku. Uboczną konsekwencją wymuszonego kierunku wprowadzania wkrętów był brak możliwości ich blokowania w płytce, co sprzyjało ich wysuwaniu. Korzyścią – znacznie lepsza niż uzyskiwana kotwiczeniem wkrętów w osteoporotycznie zmienionej kości gąbczastej, stabilizacja złamania.

Niestety u siedmiu chorych (Grupa IV) niedoskonałości techniki osadzenia implantów prowadziły do dysfunkcji kończyny wynikającej z nadmiernie wystającego poza obrys głowy kości ramiennej gwoźdźca śródszpikowego, wchodzącego w konflikt z wyrostkiem barkowym przy odwodzeniu stawu (trzech chorych), braku stabilizacji przez płytkę odłamu zawierającego guzek większy kości ramiennej oraz nieskutecznej stabilizacji wkrętami rozkawałkowanych fragmentów guzka większego ulegającego przemieszczaniu w okresie pooperacyjnym wskutek napinania mięśnia nadgrzebieniowego (po dwóch chorych) (Ryc. 7). U jednego z chorych przemieszczenie to było nieuniknione, gdyż konieczność odroczenia zespolenia o cztery tygodnie (świeży zawał serca przeżyty dwa tygo-

Unfortunately, in seven cases (Group IV) improper implant positioning resulted in clinically manifested problems. A limited range of abduction due to the conflict of the top of the intramedullary nail with the acromion (three patients) and ineffective stabilization of the greater tubercle by the plate and screws resulting in its secondary dislocations (two patients for each) were observed (Fig. 7). Nevertheless, in one case the dislocation was unavoidable, as the necessary postponement of the surgery for four weeks due to cardiologic comorbidities (heart infarction two weeks prior to the fracture that required antithrombotic and antiplatelet therapies, including clopidogrel, following coronary stenting) had led to a contracture of the supraspinatus that was difficult to mobilize, thus excessively tensing the muscle. Poor mechanical strength of the bone, increased supraspinatus tension and, additionally, the patient's mental disturbances (disobeying instructions to avoid overloading the extremity) resulted in tubercle fragmentation and, consequently, secondary dislocation (Fig. 9).

In two patients (Group V), plate fixation was complicated by aseptic bone necrosis of the humeral head that required secondary arthroplasty.



Ryc. 8. Zwinięcie stawu ramiennego powikłane wieloodłamowym złamaniem guzka większego u chorego 2 tygodnie po stentowaniu naczynia wieńcowego z powodu zawału serca (a). Konieczność doleczania lekami przeciw płytkowymi (clopidogrel) uniemożliwiła stabilizację operacyjną, nie wykluczała jednak repozycji zwinięcia na zamknięto (b). Odroczona o 4 tygodnie stabilizacja guzków z użyciem wkrętów AO i dodatkowym doszyciem ścięgna m nadgrzebieniowego do wkrętu zakotwiczonego w trzonie kości ramiennej, powikłana destabilizacją zespolenia bezpośrednio po operacji z powodu przykurczu mięśnia nadgrzebieniowego (c)

Fig. 8. Shoulder dislocation complicated by comminuted fracture of major tubercle in male patient two weeks after coronary stenting due to myocardial infarction (a). The need to use antiplatelet medications (clopidogrel) made surgical stabilization impossible, but did not preclude closed repositioning (b). Postponed by 4 weeks, stabilization of tubercles with AO screws and additional suturing of supraspinatus tendon to screw anchored in humeral body was complicated by destabilization of fixation immediately after surgery due to supraspinatus contracture (c)



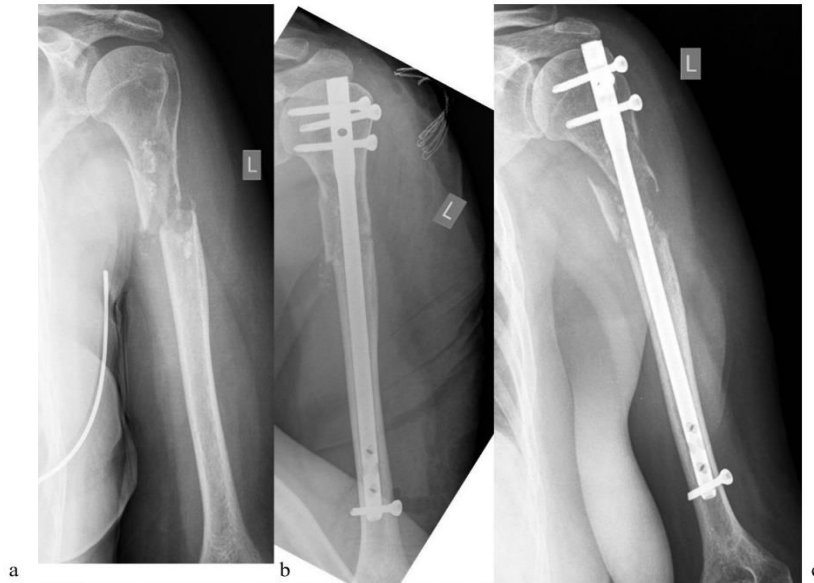
Ryc. 9. Zespoleńie płytkowe z brakiem repozycji dużego fragmentu głowy kości ramiennej zawierającego powierzchnię stawową (strzałka)

Fig. 9. Plate fixation with no repositioning of large fragment of humeral head comprising articular surface (arrow)

dnie przed urazem barku wymagający, po stentowaniu naczyń wieńcowych, leczenia przeciwplatekowego clopidogrelem) doprowadził do trudnych do uwolnienia zrostów mięśnia nadgrzebieniowego i jego ścięgna, a specyficzna konstrukcja psychiczna chorego (niezdyscyplinowany, niestosujący się do nakazu odciążenia kończyny i zakazu wykonywania nią czynności siłowych), przy zaniku kostnym oderwanych fragmentów kotnych doprowadziły do ich destabilizacji praktycznie bezpośrednio po zespoleniu (Ryc. 9).

U dwóch chorych po płytkowej stabilizacji złamań doszło do jałowej martwicy głowy kości ramiennej (Grupa V). Ponadto u jednego – po stabilizacji śródszpikowej doszło do osteolizy w obrębie szpary złamania stwierdzonej w kontrolnym badaniu rtg wykonanym w szóstym tygodniu po stabilizacji. Przyczyną, jak wykazał wynik badania histopatologicznego pobranego bioptatu, okazał się być proces nowotworowy (guz olbrzymiokomórkowy) jednoznacznie wykazując, że złamanie miało charakter złamania patologicznego (Ryc. 10).

And finally, in one case, intramedullary stabilization was followed by progressive bone destruction that was for the first time visualized at the sixth week after stabilization. Later on it was diagnosed as neoplastic (giant cell tumor), clearly showing that the fracture had a primarily pathologic nature (Fig. 10).



Ryc. 10. Wieloodłamowe złamanie bliższego końca i 1/3 bliższej trzonu kości ramiennej (a) ustabilizowane gwoździem śródszpikowym rekonstrukcyjnym (b). Rozległa osteoliza szpary złamania szóstym tygodniu po zespoleniu; guz olbrzymiokomórkowy  
 Fig. 10. Comminuted fracture of proximal end and proximal third of humeral body (a) stabilized with reconstructive intramedullary nail (b). Extensive osteolysis at fracture cleft at 6 weeks after fixation; giant cell tumor

## DYSKUSJA

Spośród 25 chorych, u których na podstawie pooperacyjnych obrazów rtg wyniki operacji wstępnie określono jako niezadowalający, u czterech błędy okazały się być pozorne i wynikały z niewłaściwej techniki wykonania zdjęć, a u dziewięciu – nie wywierały negatywnego wpływu na ostateczny wynik leczenia. Ponadto u dwóch do przemieszczeń doszło wskutek obciążania operowanych kończyn (braku unieruchomienia), co wynikało z konieczności przenoszenia przez operowane kończyny masy ciała podczas poruszania się. Przemieszczenia stabilizowanych guzków kości ramiennej są zresztą częstym powikłaniem. Wykazano, że nawet w odciążonych kończynach, zespolenia ich niewielkich (do 2 cm) przemieszczeń osiąga aż 12,5% [13].

Trudno również jednoznacznie dopatrywać się przyczyn jałowej martwicy wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w jakości wykonanych zespoleni. Są one następstwem uszkodzeń mikrokrążenia wynikającego z rozkawałkowania kości i często występują po tego typu urazach, choć uszkodzenia krążenia przy zespoleniach płytkowych są uważane za bardziej predysponujące do tego powikłania

## DISCUSSION

Out of the group of 25 patients whose results were qualified as unsatisfactory, four of the diagnoses turned out to be spurious, having resulted from an inappropriate technique of X-ray imaging, while nine did not show any negative impact on the final outcome. In addition, two secondary displacements occurred as a result of excessive loading the operated limbs due to lack of immobilization. Displacements of humeral tubercles also happened to be common complications, even in unloaded limbs, but those have been reported to affect as much as 12.5% of stabilizations [13].

The correlation of aseptic bone necrosis with the quality of stabilization of comminuted fractures of the proximal humerus is not obvious. Massive disruption of perfusion in this particular type of injury is a good reason for osteonecrosis itself, whereas operative intervention seems to play a much lesser role [14]. Nevertheless, circulatory disturbances during plate fixation are considered to make the patient much more prone to this complication than intramedullary nailing, which is less traumatic [15].

In 1970, Neer characterized the risk of treatment failure in comminuted fractures of the proximal hu-

niż mniej traumatyzujące zespolenia śródszpikowe [14,15].

Już na początku lat 70-tych ubiegłego wieku Neer zwracał uwagę na ryzyko niepowodzeń leczenia wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej, promując w tych przypadkach alloplastykę stawu ramiennego [16]. Jednak wprowadzenie do powszechnej praktyki tej metody leczenia szybko pozwoliło wykazać jej niedoskonałości, zwłaszcza często występujących zwłknięć i obłuzowań implantów. Ryzyko wystąpienia obu powikłań u ludzi relatywnie młodych, tj. aktywnych ruchowo i przenoszących znaczne obciążenia mechaniczne na kończynę górną, ostudza zapał chirurgów do protezowania barku. Zatem podejmowanie próby zespolenia odłamów u chorych 30-50-letnich wydaje się być nie do końca bezzasadne. Tym bardziej, że u większości z nich udaje się uzyskać zadowalający zrost kostny przywracając tym samym funkcję kończyny, a w przypadku niepowodzeń zawsze możliwe jest wtórne protezowanie [17].

Niewłaściwie wykonane zabiegi operacyjne stwierdzono u siedmiu chorych. Wynikały one zarówno z braku repozycji krytycznych z punktu widzenia funkcji stawu odłamów kostnych, jak i z okoliczności, w których operacje wykonywano. Zwłknięcie stawu ramiennego powikłane wieloodłamowym złamaniem guzka większego u 46-letniego chorego dwa tygodnie po stentowaniu naczynia wieńcowego z powodu zawału serca i w trakcie następowego leczenia clopidogrelem nie stanowiło co prawda przeciwwskazania do zamkniętej repozycji zwłknięcia, odsunęło jednak możliwość ustabilizowania fragmentów guzka do czasu odstawienia leczenia przeciwplatekowego, tj. o cztery tygodnie. Ustabilizowanie masywów guzka dwoma wkretami z jego dodatkowym doszyciem za ścięgno mięśnia nadgrzebieniowego szwami niewchłaniającymi zakotwiczonymi do wkretu korowego w trzonie kości ramiennej, okazało się być niewystarczające dla stabilności zespolenia przykurczonego mięśnia. Destabilizacja bezpośrednio po operacji wydaje się być w tej sytuacji nieunikniona, poddając tym samym w wątpliwość zasadność kwalifikacji do operacji w tak odległym od urazu okresie.

Reasumując, w analizowanej grupie chorych istotne błędy wpływające na proces leczenia stwierdzono u siedmiu chorych (5,3% przeprowadzonych operacji), co nie odbiega od danych literaturowych [18-20]. Ich przyczyną były wystające końcówki gwoźdźcia blokujące odwiedzenie stawu ramiennego u czterech, nieodprowadzone fragmenty głowy kości ramiennej zawierające powierzchnię stawową u trzech oraz niewłaściwa stabilizacja złamanym masywów guzka większego u dwóch chorych – powikłania występujące rów-

merus, suggesting shoulder arthroplasty in such cases [16]. However, this method soon showed its drawbacks, associated with rather frequent dislocations and implant loosening. The risk of both complications, especially in relatively young patients, reduced the enthusiasm for shoulder arthroplasty. Thus, while fully justified in older individuals presenting massive fragmentation and osteoporosis due to questionable possibilities for reducing and stabilizing bone fragments adequately, it is usually not recommended for young and middle-aged patients, in whom stabilization promoting bone union appears to be optimal [17].

Technical errors were observed in seven patients. In most cases they originated from inappropriate reduction of bone fragments or incorrect implant positioning resulting in a limited range of motion of the shoulder. Total dislocation and rotation of bone fragments containing the articular surface losing contact with the acetabulum, and protruding intramedullary nails conflicting with the acromion are obvious proof of inappropriate stabilizations. Nevertheless, even in this group in one case, fragmentation and destabilization of the major tubercle of the humeral bone in consequence of postponed stabilization due to cardiac comorbidities and their treatment appears to have been, at least partly, caused by a supraspinous contracture and poor mechanical strength of the tubercle, indicating inevitability of the complication, especially in a non-cooperating patient. In this particular case, qualification for surgery appears to have been questionable and the patient should rather have been treated conservatively, even though the shoulder was dislocated. The secondary arthroplasty made after cardiovascular improvement seems to have been an optimal option for this case.

In summary, significant errors complicating surgeries were detected in seven out of the 131 patients (5.3%), which is compatible with previously reported statistics [18-20]. They were caused by protruding ends of intramedullary nails affecting the range of motion of the shoulder (four patients), lack of reduction of articulated fragments of the humeral head (three patients), and inadequate stabilization of the greater tubercles (two cases). All those are well known complications and have been previously reported by others [21-23]. In addition, one patient suffering from a pathological fracture was primarily misdiagnosed and required further intensive oncologic therapy.

nież w materiale innych autorów [21-23]. Ponadto u jednej chorej przeoczono złamanie patologiczne wklajające pierwotny proces nowotworowy rozwijający się w kości ramiennej.

### PODSUMOWANIE

W operacyjnym leczeniu wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej najistotniejsze są anatomiczne zreponowanie fragmentów kostnych, zwłaszcza tych zawierających powierzchnię stawową i przyczepy mięśniowe, ich odpowiednio wydolne zespolenie oraz precyzyjne osadzenie implantów. Jest to dużo łatwiejsze przy stabilizacjach wykonywanych na otwarcie, z odpowiednio szerokim dostępem operacyjnym. Dlatego też w wieloodłamowych, przemieszczonych złamaniach bliższego końca kości ramiennej zespolenia płytkowe zdają się być bardziej korzystne od zespolen śródżpkowych, zakładających wykonywanie operacji z ograniczonego dostępu operacyjnego.

Na ostateczny wynik leczenia niebagatelny wpływ wywiera również współpraca chorego w okresie pooperacyjnym. Wtórne destabilizacje, będące skutkiem niestosowania się chorego do zaleceń ograniczenia obciążania kończyny oraz samowolne zdejmowania unieruchomień niweczą wynik wykonanych operacji, przyczyniając się do powstania trwałej dysfunkcji stawu ramiennego.

Niestety, w części przypadków czynniki obiektywne wpływające na rodzaj i termin wykonywanych operacji skazują je *a priori* na niepowodzenie. W tych wypadkach kontrowersyjne zatem zdaje się być podejmowanie leczenia operacyjnego, wskazując jednoznacznie na zasadność wyboru leczenia zachowawczego.

W wieloodłamowych złamaniach bliższego końca kości ramiennej należy liczyć się z obecnością patologii nowotworowej, wymagającej specyficznego postępowania w zależności od punktu wyjścia i stopnia zaawansowania procesu rozrostowego.

### WNIOSKI

1. Nasze obserwacje wskazują, że w operacyjnym leczeniu wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej najistotniejsze znaczenie mają anatomiczna repozycja odłamów, zwłaszcza tych zawierających powierzchnię stawową i przyczepy mięśniowe, ich stabilne zespolenie oraz precyzyjne osadzenie implantów.
2. Niestety, w części przypadków czynniki obiektywne wpływające na rodzaj i termin wykonywanych operacji skazują je *a priori* na niepowodzenie. W tych wypadkach kontrowersyjne jest zatem podejmowanie leczenia operacyjnego.

### SUMMARY

Stabilizations of comminuted fractures of the proximal end of the humerus require anatomical reduction, at least of articulated bone fragments and those containing muscle attachments, their stable fixation and precise implant positioning. Those are much easier to achieve in open procedures, as minimally invasive ones do not provide sufficient access. Thus, plate fixations appear to be superior over intramedullary nailing.

The patient's cooperation in postoperative treatment and rehabilitation contributes significantly to the final outcome. Secondary destabilizations, resulting from noncompliance with instructions, may result in secondary displacements contributing to poor functional results.

Unfortunately, in some cases, objective factors affect the final result. Thus, for some particular patients taking the risk of operative treatment is controversial, indicating the usefulness of conservative treatment.

Bone tumors, both primary and metastatic, may increase the risk of comminuted fractures of the proximal humerus. The possibility of a tumor should be considered and adequate actions taken when required.

### CONCLUSIONS

1. Our observations indicate that anatomical repositioning of bone fragments, especially those containing articular surface and muscle attachments, and their firm stabilization as well as proper implant positioning are crucial for the final result.
2. In some cases objective and unpredictable factors influencing the type and time of intervention affect the final results. In those cases the decision to operate seems to be controversial.
3. The possibility of a pathological fracture should also be remembered, as such fractures require an appropriate oncological treatment.

3. Należy liczyć się też z możliwością obecności patologii nowotworowej wymagającej odpowiedniego postępowania onkologicznego.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Passaretti D, Candela V, Sessa P, et al. Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area. *Shoulder Elbow Surg* 2017; 26: 2117-24.
2. Court-Brown C, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury. Int J Care Injured* 2006; 37: 691-7.
3. Egol K, Koval K, Zuckerman J, editors. *Handbook of Fractures*. 5th ed. Lippincott Williams and Wilkins (Wolters Kluwer); 2014. p. 184-94.
4. Roux A, Decroocq L, El Batti S, et al. Epidemiology of proximal humerus fractures managed in a trauma center. *Orthop Traumatol Surg Res* 2012; 98: 715-9.
5. Hodgson SA, Mawson SJ, Saxton JM, et al. Rehabilitation of two-part fractures of the neck of the humerus (two-year follow-up). *J Shoulder Elbow Surg* 2007; 16: 143-5.
6. Vachtsevanos L, Hayden L, Desai AS, et al. Management of proximal humerus fractures in adults. *World J Orthop* 2014; 5: 685-93.
7. Lowry V, Bureau NJ, Desmeules F, et al. Acute proximal humeral fractures in adults. *J Hand Ther* 2017; 30: 158-66.
8. Harkin FE, Large RJ. Humeral shaft fractures: union outcomes in a large cohort. *J Shoulder Elbow Surg* 2017; 26: 1881-8.
9. Swedish Council on Health Technology Assessment: Treatment Options of Arm Fractures in the Elderly – A Systematic Review and Assessment of the Medical, Economic, Social and Ethical Aspects. Stockholm: Swedish Council on Health Technology Assessment (SBU); 2017. Available from: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0098107/pdf/PubMedHealth\\_PMH0098107.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0098107/pdf/PubMedHealth_PMH0098107.pdf)
10. Handoll HH, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; (11): CD000434.
11. Soliman OA, Koptan WM. Four-part fracture dislocations of the proximal humerus in young adults: results of fixation. *Injury* 2013; 44: 442-7.
12. Meunier A, Posadzy K, Tinghög G, et al. Risk preferences and attitudes to surgery in decision making. *Acta Orthop* 2017; 88: 466-71.
13. Ji JH, Jeong JJ, Kim YY, et al. Clinical and radiologic outcomes of arthroscopic suture bridge repair for the greater tuberosity fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg* 2017; 137: 9-17.
14. Walla A, Gnandi-Piou F, Egbohoun P, et al. Bilateral Divergent Shoulder's Fracture Dislocation Case in an Ischemic Stroke Patient. *J Orthop Case Rep* 2017; 7: 13-6.
15. Xu J, Zhang C, Wang T. Avascular necrosis in proximal humeral fractures in patients treated with operative fixation: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res* 2014; 9: 31.
16. Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. *J Bone Joint Surg Am* 1970; 52: 1090-103.
17. Cadet ER, Yin B, Schulz B, et al. Proximal humerus and humeral shaft nonunions. *J Am Acad Orthop Surg* 2013; 21: 538-47.
18. Clavert P, Adam P, Bevort A, et al. Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J Shoulder Elbow Surg* 2010; 19: 489-94.
19. Erasmo R, Guerra G, Guerra L. Fractures and fracture-dislocations of the proximal humerus: A retrospective analysis of 82 cases treated with the Philos® locking plate. *Injury* 2014; 45(Suppl.6): S43-8.
20. Südkamp N, Bayer J, Hepp P, et al. Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 1320-8.
21. Doshi C, Sharma GM, Naik LG, et al. Treatment of Proximal Humerus Fractures using PHILOS Plate. *J Clin Diagn Res* 2017; 11: RC10-RC3.
22. Young AA, Hughes JS. Locked intramedullary nailing for treatment of displaced proximal humerus fractures. *Orthop Clin North Am* 2008; 39: 417-28.
23. Lin J. Effectiveness of locked nailing for displaced three-part proximal humeral fractures. *J Trauma* 2006; 61: 363-74.

Liczba słów/Word count: 6375

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 10

Piśmiennictwo/References: 23

Adres do korespondencji / Address for correspondence  
Grzegorz Szczesny, Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Warszawskiego  
Uniwersytetu Medycznego, Szpital Kliniczny Dzieciątka Jezus,  
Warszawa, ul. Lindleya 4, tel: 501167475, e-mail: grzegorz.szczesny@wum.edu.pl

Otrzymano / Received 16.02.2018 r.  
Zaakceptowano / Accepted 13.08.2018 r.

## Wieloodłamowe złamania końca bliższego kości ramiennej – zasady diagnostyki, leczenia i usprawniania

### Comminuted Fractures of the Proximal Humerus – Principles of the Diagnosis, Treatment and Rehabilitation

Karol Ratajczak<sup>(B,D,E,F)</sup>, Grzegorz Szczęsny<sup>(A,B,D,E,F)</sup>, Paweł Małyk<sup>(E,G)</sup>

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Polska  
Department of Orthopedics and Traumatology of the Musculoskeletal System, Medical University of Warsaw, Poland

#### STRESZCZENIE

Złamania bliższego końca kości ramiennej są urazami, których nieprawidłowe wygojenie oraz niekonsekwentnie i niewłaściwie prowadzone usprawnianie zagraża funkcji stawu ramiennego stając się często przyczyną mniej lub bardziej nasilonej niepełnosprawności. Należą one do najczęstszych złamań występujących u człowieka, a częstość ich występowania wzrasta wraz z wiekiem i zaawansowaniem zaniku kostnego (osteoporoza).

Spośród stosowanych obecnie metod leczenia najlepsze wyniki pozwalają uzyskać zespolenia płytkowe kątowno-stabilne oraz stabilizacje z użyciem gwoździ śródszpikowych blokowanych i rekonstrukcyjnych, a u chorych w wieku zaawansowanym, ze znacznym zanikiem kostnym, u których zespolenia odłamów są trudne do uzyskania lub wręcz niemożliwe – aloplastyka stawu ramiennego.

Złamania nieprzemieszczone lub przemieszczone w stopniu minimalnym mogą być z powodzeniem leczone zachowawczo, a uzyskiwane funkcjonalne wyniki leczenia są równie korzystne jak przy leczeniu operacyjnym o ile czas unieruchomienia nie przekroczy trzech tygodni i wdrożona zostanie po zdjęciu unieruchomienia wczesna rehabilitacja. Sukcesywnie wzrasta jednak liczba chorych, u których stabilizacje wykonywane są nawet w przypadku złamań nieprzemieszczonych, zwłaszcza u chorych w młodszym wieku. Jest to podyktowane brakiem konieczności unieruchomienia kończyny w trakcie leczenia umożliwiającego zarówno utrzymanie aktywności zawodowej i sportowej chorego jak i lepszej sprawności ruchowej kończyny po leczeniu.

**Słowa kluczowe:** wieloodłamowe złamania końca bliższego kości ramiennej, leczenie zachowawcze, leczenie operacyjne, stabilizacja płytkowa, stabilizacja śródszpikowa, aloplastyka stawu ramiennego

#### SUMMARY

Comminuted fractures of the proximal humerus impair shoulder function, resulting in more or less severe disability. They rank among the most frequent fractures in adults, with incidence increasing with age and the degree of bone loss (osteoporosis).

Among all currently used methods of stabilization of proximal humeral fractures, the best outcomes are afforded by angularly-stable plate fixation and interlocking or reconstructive intramedullary nailing. Both methods produce comparable results enabling bone union and restoration of limb functionality. Nevertheless, in elderly patients with advanced bone loss, in whom anatomical reduction of bone fragments is difficult or impossible, stabilization questionable and patient cooperation in the postoperative rehabilitation impossible to enforce, arthroplasty should be considered. Non-displaced or minimally displaced fractures may be treated conservatively by immobilizing the limb in an orthosis for three weeks. Nevertheless, the recommendations for operative interventions are being broadened, as stabilization eliminates the need to immobilize the limb, thus not affecting the patient's professional and social activities, enabling immediate rehabilitation, reducing the risk of joint stiffness and shortening recovery time.

**Key words:** comminuted fractures of proximal humerus, conservative treatment, surgery, plate osteosynthesis, intramedullary nailing, shoulder arthroplasty



## WSTĘP

Złamania bliższego końca kości ramiennej występują we wszystkich grupach wiekowych, niemniej jednak ich częstość wzrasta z wiekiem. U osób po 65 roku życia są one już trzecią co do częstości występowania lokalizacją złamań stanowiąc ok. 6% wszystkich złamań występujących u dorosłych, a w grupie chorych w wieku podeszłym – nawet 10% [1-4]. Są też trzecią pod względem częstości występowania lokalizacją złamań spowodowanych osteoporozą.

Złamania te często są wikłane zwichnięciami stawu ramiennego oraz uszkodzeniami okolicznych tkanek miękkich. Ich skutkiem mogą być uszkodzenia splotu ramiennego (najczęściej nerwu pachowego), układu naczyniowego (tętnicy lub żyły pachowej oraz ich odgałęzień) oraz struktur mięśniowych i ścięgniastych. Dla rokowania co do skutków prowadzonego po urazie leczenia szczególne znaczenie ma uszkodzenie tętnicy okalającej ramię przedniej (gałąź tętnicy pachowej) zaopatrującej głowę kości ramiennej. Jej uszkodzenie zagraża bowiem zaburzeniami gojenia, a w skrajnych przypadkach nawet jałową martwicą głowy kości ramiennej.

## DIAGNOSTYKA I KLASYFIKACJA

Diagnostyka obrazowa złamań bliższego końca kości ramiennej opiera się na badaniach Rtg w projekcjach: rzeczywistej AP (Grasheya), pachowej i łopatkowej bocznej „Y” (Neera) rozszerzanych w uzasadnionych przypadkach o badanie tomografii komputerowej. Ta ostatnia odgrywa znamienne rolę pozwalając na precyzyjne określenie rodzaju i zakresu doznanego urazu oraz konfiguracji przestrzennej odłamów kostnych dając cenne wskazówki dla wyboru optymalnej w danej sytuacji metody leczenia [5].

Zgodnie z najczęściej stosowaną klasyfikacją Neera (1970) wyróżnia się złamania nieprzemieszczone jednofragmentowe oraz przemieszczone dwu-, trój- i czterofragmentowe, przyjmując za fragmenty segmenty kostne zawierające głowę, guzki większy i mniejszy kości ramiennej oraz definiując przemieszczenie jako oddalenie segmentu od jego anatomicznej lokalizacji o więcej niż 1 cm lub przemieszczenie kątowe powyżej 45 stopni [6]. Dodatkowo w klasyfikacji uwzględniono występowanie głównych szczelin złamania w obrębie szyjki anatomicznej i chirurgicznej, guzków większego i mniejszego, oraz ewentualnie współwystępujące zwichnięcia głowy kości ramiennej [Ryc. 1]. Uniwersalność klasyfikacji oraz jej użyteczność dla planowania leczenia, zwłaszcza operacyjnego (wskazówki dotyczące metod stabilizacji – przemieszczanie odłamów kostnych wywołane przyczynami

## BACKGROUND

Proximal humeral fractures occur in all age groups, but their incidence increases with age. The proximal end of the humerus is the third most common fracture site in patients over the age of 65 years; proximal humeral fractures constitute approx. 6% of all fractures diagnosed in adults and up to 10% in the elderly [1-4]. The proximal humerus is also the third most common location of osteoporotic fractures.

These fractures are often complicated by shoulder joint dislocation and damage to the neighbouring soft tissues. They may result in damage to the brachial plexus (usually the axillary nerve), vascular system (the axillary artery or vein and their branches), and muscle and tendon structures. Prognosis concerning treatment effects depends largely on whether there is damage to the anterior circumflex humeral artery (a branch of the axillary artery), which supplies the humeral head. If the artery is damaged, there is a risk of impaired healing, with aseptic necrosis of the humeral head observed in extreme cases.

## DIAGNOSTIC WORK-UP AND CLASSIFICATION

Diagnostic imaging in patients with proximal humeral fractures is based on X-rays using the normal AP (Grashey) view, the axillary view, and the lateral scapular “Y” (Neer) view, with additional computed tomography (CT) when required. CT has a significant role here as it allows for precise assessment of the type and extent of the injury as well as the position of bone fragments, thus providing valuable insight for selecting an optimal treatment for a specific patient [5].

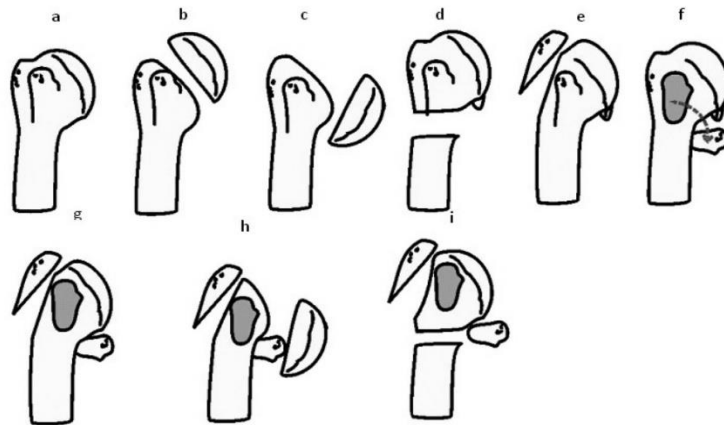
Neer’s classification (1970) is the most commonly used system. It divides proximal humeral fractures into non-displaced one-part fractures and displaced two-, three-, and four-fragment fractures. Fracture fragments are defined as bone segments consisting of the head and the greater and lesser tubercle of the humerus, while fracture fragment displacement is described as bone segment displacement from its anatomical location by more than 1 cm, or as angular displacement of more than 45 degrees [6]. The classification also accounts for the presence of main fracture lines on the anatomical and surgical neck and the greater and lesser tubercle and for possible concomitant dislocation of the humeral head (Fig. 1). The comprehensive nature of Neer’s classification and its usefulness in planning treatment, particularly surgical (easier selection of the fixation method – displa-

piającymi się do nich mięśniami) przesądziły o jej użyteczności klinicznej.

W wieku rozwojowym aż w 15% złamań szczelina przełamania przechodzi przez chrząstkę wzrostową bądź nasadę uszkadzając je w mniejszym lub większym stopniu. W tych przypadkach dla opisu skutków urazu użyteczna jest klasyfikacja Saltera-Harrisa (1963) definiująca pięć typów złamań w zależności od przebiegu szczeliny złamania: 1. przez chrząstkę wzrostową, 2. przez chrząstkę i przynasadę, 3. przez chrząstkę i nasadę, 4. przez chrząstkę, nasadę i przynasadę oraz 5. kompresję chrząstki [7] (Ryc. 2).

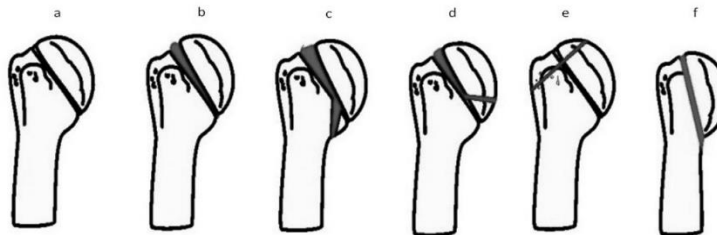
cement of bone fragments caused by the muscles attached to them) have made it a useful clinical tool.

In as many as 15% of cases occurring in childhood and adolescence, the fracture line traverses the growth plate or the epiphysis, damaging them to a greater or lesser extent. In these patients, consequences of the fracture are better described with the Salter-Harris classification (1963). This classification encompasses five fracture types, defined according to the fracture line location: 1. fracture through the growth plate, 2. fracture through the growth plate and the metaphysis, 3. fracture through the physal cartilage and the epiphysis, 4. fracture through the physal cartilage,



Ryc. 1. Klasyfikacja złamań bliższego końca kości ramiennej wg. Neera: a – anatomia b – złamanie szyjki anatomicznej bez przemieszczenia, c – złamanie szyjki anatomicznej z przemieszczeniem, d – złamanie szyjki chirurgicznej, e – złamanie guzka większego, f – złamanie guzka mniejszego, g – złamanie trójfragmentowe, h – złamanie czterofragmentowe z oraz i – bez zwichnięcia zwichnięciem głowy kości ramiennej

Fig. 1. Neer's classification of proximal humeral fractures: a – anatomy b – fracture of the anatomical neck without dislocation, c – fracture of the anatomical neck with dislocation, d – fracture of the surgical neck, e – fracture of the greater tubercle, f – fracture of the lesser tubercle, g – three-fragment fracture, h – four-fragment fracture with or without dislocation of the humeral head



Ryc. 2. Klasyfikacja Saltera-Harrisa: a – złamanie przez chrząstkę wzrostową, b – złamanie przez chrząstkę i przynasadę, c – złamanie przez chrząstkę i nasadę, d – złamanie przez chrząstkę, nasadę i przynasadę, e – kompresyjne

Fig. 2. Salter-Harris classification: a – fracture through the growth plate, b – fracture through the growth plate and the metaphysis, c – fracture through the cartilage and the epiphysis, d – fracture through the cartilage, the epiphysis and the metaphysis, e – compression fracture

## WYBÓR METODY LECZENIA

Wybór optymalnej metody leczenia uzależniony jest od rodzaju złamania (liczba odłamów i stopień ich przemieszczenia, współwystępujące zwichnięcie stawu ramiennego) oraz uwarunkowań ze strony chorego: jego oczekiwań, aktywności ruchowej, akceptacji danej metody leczenia oraz gotowości do współpracy w procesie leczenia i usprawniania. Niebagatelne znaczenie mają przy tym stan jego zdrowia, a zwłaszcza współwystępujące ciężkie schorzenia ogólnoustrojowe ograniczające lub wręcz uniemożliwiające bezpieczne przeprowadzenie zabiegu operacyjnego takie jak niewydolność krążeniowo-oddechowa, niewyrównana cukrzyca, ciężka niewydolność wątroby, nerek, ostre zapalenie trzustki, uogólniony proces nowotworowy i wiele innych.

Złamania nieprzemieszczone lub przemieszczone w niewielkim stopniu mogą być z powodzeniem leczone zachowawczo. Leczenie polega na unieruchomieniu kończyny w opatrunku Dessaulta przez odpowiednio długi okres czasu. Powszechnie stosowane w przeszłości opatrunki gipsowe są obecnie wypierane przez znacznie lepiej tolerowane przez chorych i wygodniejsze w użyciu unieruchomienia ortotyczne, a okres unieruchomienia skracany do trzech tygodni, pozwalając tym samym zredukować ryzyko przykurczu stawu ramiennego.

Złamania przemieszczone oraz złamania współwystępujące ze zwichnięciem głowy kości ramiennej wymagają repozycji stawu oraz anatomicznej, lub jak najbardziej zbliżonej do anatomicznej, repozycji odłamów i ich odpowiedniej stabilizacji.

Rośnie jednak liczba chorych preferujących leczenie operacyjne nawet w przypadku złamań wykazujących brak lub niewielkie przemieszczenia. Dotyczy to zwłaszcza chorych w młodym wieku, wykazujących znaczną aktywność ruchową. Chorzy ci doceniają korzyści płynące z braku unieruchomienia i funkcjonalności kończyny praktycznie bezpośrednio (tj. w 2-3 dniu) po operacji, dużo łatwiejsze i szybsze usprawnianie oraz znacznie mniejsze ryzyko wystąpienia przykurczu i zaników mięśniowych. Nie bez znaczenia jest również konieczność aktywnego uczestniczenia w życiu zawodowym i społecznym, dla których unieruchomienie kończyny stanowi nieraz ogromne utrudnienie [8].

Czynniki te nie odgrywają jednak większej roli o chorych w wieku średnim i zaawansowanym, u których dodatkowo stan zdrowia i przeciwwskazania

the epiphysis and the metaphysis, and 5. cartilage compression [7] (Fig. 2).

## SELECTION OF TREATMENT METHOD

An optimal treatment method depends in each case on the type of fracture (number of bone fragments and degree of their displacement, concomitant shoulder joint dislocation) and patient-specific factors such as the patient's expectations, level of physical activity, acceptance of a given treatment method, and willingness to cooperate in the process of treatment and rehabilitation. The outcome is also largely dependent on the patient's health status, particularly the presence of severe concomitant systemic conditions that make surgical treatment less safe or even dangerous, such as cardiovascular and respiratory failure, uncontrolled diabetes, severe liver or kidney failure, acute pancreatitis, generalised cancer, and many other conditions.

Non-displaced or minimally displaced fractures may be successfully managed with conservative treatment. The treatment consists in limb immobilization in Dessault's dressing for an appropriately long period. Plaster casts used to be commonly applied in the treatment of these fractures, but they are being replaced by orthoses, which are much better tolerated by patients and more convenient to use, with the immobilization period shortened to three weeks, thus reducing the risk of shoulder joint contractures.

Displaced fractures and fractures accompanied by humeral head dislocation require joint reduction and anatomical (or as close to anatomical as possible) bone fragment reduction with appropriate fixation.

However, a growing number of patients prefer surgical treatment even in non-displaced or only minimally displaced fractures. This is true particularly in young people, whose level of physical activity is high. These patients appreciate the benefits of not using limb immobilization, good limb function being restored almost immediately (i.e. on the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> day) after surgery, much easier and faster rehabilitation, and a considerably lower risk of contractures or muscle atrophy. Importantly, this group of patients also works and actively participates in social life, and limb immobilization sometimes represents a significant impediment in these areas [8].

These factors, however, are not as important in middle-aged and elderly patients, whose health status and non-orthopaedic contraindications additionally limit the possibility of surgical fixation. Moreover, the activity levels of these patients are considerably lower, which translates to lower patient expectations;

nieortopedyczne ograniczają możliwość wykonania stabilizacji operacyjnej, a znacznie mniejsza aktywność ruchowa i wynikające z niej mniejsze oczekiwania chorego pozwalają poddawać w wątpliwość celowość leczenia operacyjnego. W wielu sytuacjach korzyści płynące z anatomicznego zreponowania odłamów kostnych nie odgrywają istotnej roli z powodu trwałych ograniczeń funkcji kończyny wynikających z zaawansowania przewlekłych schorzeń narządu ruchu, zwłaszcza choroby zwyrodnieniowej. Wyniki wielu obserwacji wskazują bowiem na brak lub nieistotne różnice w sprawności ruchowej kończyny poddanej leczeniu operacyjnemu w porównaniu z leczeniem zachowawczym wskazując na brak przesłanek przemawiających za celowością podejmowania leczenia operacyjnego u chorych w wieku podeszłym [9].

### ZASADY LECZENIA ZACHOWAWCZEGO

Złamania nieprzemieszczone lub przemieszczone w nieistotnym z punktu widzenia klasyfikacji Neera stopniu z powodzeniem poddają się leczeniu zachowawczemu. Metodą leczenia z wyboru jest unieruchomienie kończyny w ortezie Dessaulta przez okres trzech tygodni, po którym wdraża się usprawnianie. Wymagane jest jednak przestrzeganie zasady kontroli radiologicznej w 5-7 dniu po urazie celem wczesnego wykrycia ewentualnego przemieszczenia odłamów kostnych, co umożliwi wdrożenie odpowiedniego leczenia w razie zmiany konfiguracji złamania. Należy przy tym wziąć pod uwagę fakt, że przemieszczenia są efektem napięcia mięśni mających swe przyczepy dystalne w obrębie odpowiednich segmentów kostnych; dla przeciwdziałania przemieszczeniu warto zatem wdrożyć odpowiednie modyfikacje leczenia. Nieprzemieszczone złamania masywu guzka większego korzystnie jest unieruchamiać w odwiedzeniu i niewielkiej rotacji zewnętrznej ramienia w opatrunku gipsowym piersiowo-ramiennym odwodzącym lub w ortezie odwodzącej niwelując tym samym ryzyko przemieszczenia masywu guzka poprzez napięcie mięśnia nadgrzebieniowego, a przy rozległych złamaniach – również i podgrzebieniowego. Z kolei ryzyko przemieszczeń złamań masywu guzka mniejszego wywołanych napięciem mięśnia podłopatkowego zmniejszają rotacje wewnętrzne ramienia (klasyczny opatrunek unieruchamiający Desaulta). Złamanie te najczęściej towarzyszą złamaniom wielofragmentowym, a złamania izolowane są bardzo rzadkie. Są to złamania awulsyjne spowodowane silnym pociągnięciem przez mięsień podłopatkowy. Złamania nieprzemieszczone leczy się zachowawczo, szybko wdrażając ćwiczenia barku po zdjęciu unieruchomie-

consequently, surgical management may not be appropriate. In many situations, the benefits of anatomical bone fragment reduction are not important as patients have permanent limb function impairment caused by advanced chronic musculoskeletal conditions, particularly degenerative changes. Many observational studies have actually found no or negligible differences in limb function between patients undergoing surgical vs conservative treatment, which points to a lack of rationale for performing surgery in the elderly with this type of fracture [9].

### PRINCIPLES OF CONSERVATIVE MANAGEMENT

Non-displaced fractures or fractures where displacement is negligible in terms of Neer's classification can be successfully managed with conservative treatment. Limb immobilization with the use of a Dessault-type orthosis for three weeks, followed by rehabilitation, is a method of choice in these patients. However, a follow-up radiograph at 5-7 days after the injury is necessary to enable early detection of any bone fragment displacement so that appropriate treatment can be initiated if the position of the fracture fragments has changed. One needs to remember that displacement results from contractions of muscles with insertions on a given bone fragment; consequently, in order to prevent displacement, treatment needs to be modified appropriately. Patients with non-displaced fractures of the greater tubercle benefit from immobilization with the arm in abduction and slight external rotation in a thoracobrachial abduction plaster cast or abduction orthosis, which eliminates the risk of tubercle displacement due to tensioning of the supraspinatus and, in patients with extensive fractures, also the infraspinatus. In turn, the risk of displacement in fractures of the lesser tubercle, caused by tensioning of the subscapularis, is reduced by internal rotation of the arm (immobilisation in a standard Dessault's dressing). These fractures usually accompany comminuted fractures; isolated fractures are very rare. These avulsion fractures are caused by the subscapularis pulling strongly on the bone. Non-displaced fractures are treated conservatively and shoulder exercise is introduced soon after the immobilization is removed. In young people doing sports, treatment may consist in tubercle fixation, which makes limb immobilization unnecessary.

nia. U osób młodych, aktywnych sportowo można ustabilizować guzek, co pozwala na rezygnację z unieruchomienia. Aktualnie nie dotyczy to złamań guzka większego, którego nawet najmniejsze (ponad 3 mm) przemieszczenia mogą zaburzać ruch odwiedzenia w stawie ramiennym poprzez konflikt z wyrostkiem barkowym łopatki [10].

Złamania szyjki chirurgicznej i anatomicznej są na ogół wynikiem urazu pośredniego – upadku na wyprostowaną kończynę górną. Złamaniom tym sprzyja zmniejszona wytrzymałość tkanki kostnej, stąd też często występują one u osób starszych z zaawansowaną osteoporozą. Należy jednak pamiętać, że złamania tej okolicy mogą być również złamaniami patologicznymi, gdyż bliższy koniec kości ramiennej jest częstym miejscem przerzutów raka płuca, sutka i wielu innych, jak również drugą co do częstości występowania lokalizacją pierwotnych nowotworów kości (kostniakomięsak, guz olbrzymiokomórkowy, szpiczak mnogi itp.).

Umiejscowienie szczeliny złamania do przyczepu mięśnia piersiowego większego warunkuje charakterystyczne przemieszczanie odłamu dalszego. Jeśli przebiega ona powyżej przyczepu tego mięśnia odłamek bliższy pozbawiony przyczepu mięśnia przywodzącego ustawia się w odwiedzeniu wskutek napięcia m. nadgrzebieniowego dając w efekcie odwiedzeniowe przemieszczenie złamania. Jeśli zaś poniżej – przewaga siły mięśnia piersiowego większego oddziałując na odłamek bliższy pozbawiony przyczepu mięśnia naramiennego ustawia go przywiedzeniowo.

W zależności od przemieszczenia kąтового złamania szyjki chirurgicznej wymagają unieruchomienia w ortezie typu Desaulta przez 3 tygodnie gdy nie wykazują przemieszczenia lub gdy przemieszczenie jest mniejsze niż 25 stopni [11], w przeciwnym razie – unieruchomienia w odwiedzeniu (gips piersiowo-ramienny odwodzący lub orteza odwodząca), w przypadku złamań odwiedzeniowych, lub w przywiedzeniu (gips Velpeau, orteza przywiedzeniowa) w przypadku złamań przywiedzeniowych.

Nieoperacyjne leczenie złamań wielofragmentowych, o ile zaistnieje taka konieczność, możliwe jest po repozycji odłamów przy użyciu wyciągu bezpośredniego w osi kości ramiennej założonego za wyrostek łokciowy, a po konsolidacji odłamów (10-14 doba) – z doleczaniem w unieruchomieniu w ortezie lub opatrunku gipsowym Dessaulta.

Szeroko stosowana w przeszłości metoda Caldwell'a z użyciem gipsu wiszącego jest obecnie rzadko stosowana z powodu rozpowszechnienia metod leczenia operacyjnego. Może być jednak nadal użyteczna w wybranych przypadkach, zwłaszcza że może być prowadzona w warunkach ambulatoryjnych.

Currently, dislocations of the tubercle higher than 3 mm are not acceptable, as those lead to the conflict with acromion [10].

Fractures of the surgical and anatomical neck usually result from indirect injuries (fall onto an outstretched hand). These fractures occur more often when the bone has a lower ability to resist loads, which makes them more common in elderly people with advanced osteoporosis. However, fractures in this region may also be pathological, as the proximal humerus is a common location for metastatic lung cancer, breast cancer and many other secondary tumours, and the second most common location of primary bone tumours (osteosarcoma, giant cell tumour of bone, multiple myeloma, etc.).

The presence of typical displacement of the distal fragment depends on the position of the fracture line with respect to the insertion of the pectoralis major. If the fracture line is above the insertion, the proximal bone fragment, not attached to the adductor muscle, is positioned in abduction due to tensioning of the supraspinatus, resulting in abduction displacement of the fracture. If the fracture line is below the attachment, the superior strength of the pectoralis major works on the proximal fracture fragment, now not attached to the deltoid, to position it in adduction.

Treatment depends on the angular displacement. Surgical neck fractures require immobilization using a Dessault-type orthosis for three weeks when there is no displacement or when displacement does not exceed 25 degrees [11]; in displaced fractures, treatment should involve immobilization in abduction (thoracobrachial abduction plaster cast or abduction orthosis) in the case of abduction fractures or immobilization in adduction (Velpeau plaster cast, adduction orthosis) in adduction fractures.

Comminuted fractures may be managed conservatively, if needed, once fracture fragments have been reduced with direct traction placed through the olecranon along the humeral axis; following fracture fragment consolidation (10<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> day), the patient is further treated with immobilization in an orthosis or Dessault's plaster dressing.

The Caldwell hanging arm cast technique, once widely used, is uncommon nowadays and has been superseded by surgery. However, it may still be useful in some cases, especially as it can be performed in an out-patient setting. This technique consists in the use of indirect traction with an approx. 2-kg load that acts on the limb along the humeral axis through an arm cast.

Jej istotą jest użycie wyciągu pośredniego z obciążeniem ok. 2 kg działającego w osi kości ramiennej poprzez założony na kończynę gips ramienny.

## ZASADY LECZENIA OPERACYJNEGO

Wskazaniami do leczenia operacyjnego są złamania przemieszczone zgodnie z klasyfikacją podaną przez Neera oraz złamania powikłane niereponowanymi zachowawczo zwichnięciami stawu ramiennego. W zależności od konfiguracji złamania (dwu-, trzy- lub czterofragmentowe) możliwe są przedstawione poniżej metody stabilizacji.

Izolowane złamania guzków (większego lub mniejszego) można z powodzeniem stabilizować wkrętem kostnym lub metodą poprzęgu po ich anatomicznym zreponowaniu. Stabilność zespolenia uzależniona jest jednak od jakości tkanki kostnej (największe ryzyko destabilizacji stanowi znaczny zanik kostny w zaawansowanej osteoporozie) oraz stopnia współpracy chorego w procesie leczenia. Wkręty gąbczaste wykazują zdecydowanie większą stabilność w obrębie gąbczastej kości głowy kości ramiennej niż wkręty korowe, co przemawia na korzyść ich wyboru. Należy jednak pamiętać, że ich zastosowanie w obrębie trzonów (kość korowa) wymaga wielkiej rozwagi, gdyż zespolenia z użyciem wkrętów gwintowanym jedynie na obwodzie może znacznie utrudnić usunięcie po uzyskaniu zrostu kostnego zmuszając do rozległego rozkuwania kości. Najlepsze efekty uzyskiwane są przy wprowadzaniu wkrętów prostopadle do kierunku, w którym odłam jest pociągany przez przyczepiający się do niego mięsień (ewentualnie przy większych odłamach – mięśnie), co zapobiega ich „wrywaniu”. Wprowadzenie dwóch a nawet trzech wkrętów oraz użycie podkładek znacznie zwiększa stabilność zespolenia, jednak nie zawsze jest możliwe z powodu ograniczonego rozmiaru odłamu.

Klasyczny poprzęg Webera jest zespoleniem równie stabilnym, lecz jego założenie wymaga znacznie rozleglejszego dostępu operacyjnego (założenie pętli drucianej) zagrażając rozległym, jatrogennym uszkodzeniem ścięgien stożka rotatorów. Co prawda nie ma jednoznacznych danych przemawiających za wyższością zespolenia wkrętami nad zespoleniami poprzęgiem, jednak usuwanie wkrętów wymaga dużo mniej rozległychostępów operacyjnych (zabiegi wtórne). Z powodzeniem mogą być one usuwane z dostępów punktowych pod kontrolą Rtg – tv [12]. Niedoskonałości te mogą być jednak pomijane poprzez użycie do zespolenia śródkostnych szwów niewchłaniających [13]. W tym przypadku należy jednak liczyć się z ograniczoną wytrzymałością mechaniczną materiału szew-

## PRINCIPLES OF SURGICAL TREATMENT

Surgical treatment is indicated in Neer's displaced fractures and fractures complicated by shoulder dislocation that cannot be reduced with conservative methods. Depending on the number of fracture fragments (two-, three-, or four-fragment fractures), patients may be treated with the fixation methods presented below.

Isolated fractures of the greater or lesser tubercle may be successfully fixed with a bone screw or tension band after anatomical reduction. However, fixation stability depends on the quality of bone, with the highest risk of loss of stability present in cases of advanced osteoporosis with considerable bone loss, and on the level of patient cooperation throughout the treatment process. Spongy screws are significantly more stable than cortical screws when used in the cancellous bone of the humeral head, which supports their role in the treatment. However, one needs to be very careful when using spongy screws in the shaft (cortical bone) as fixation with screws that are threaded only peripherally may be difficult to remove after bone union and require extensive bone drilling. The best effects are achieved when screws are introduced perpendicularly to the direction in which the fragment is pulled by the muscle (or muscles, if the bone fragment is large) attached to it, which prevents "avulsion" of the screws. The use of two or even three screws and pads allows for considerably better fixation stability, but is not always possible due to the limited size of fracture fragments.

Weber's classic tension band is equally stable, but its application requires a much more extensive surgical approach (placing a wire loop), which may result in extensive iatrogenic damage to the rotator cuff tendons. Admittedly, there are no clear data showing the superiority of fixation with screws over tension bands, but screw removal requires significantly fewer extensive surgical approaches (secondary procedures). The screws can be easily removed from limited surgical approaches under fluoroscopic guidance [12]. These limitations may be avoided with the use of transosseous nonabsorbable suture fixation [13]. In this case, however, the limited mechanical resistance of the suture material and the consequences of leaving it in the body must be considered.

Stable fixation in patients with advanced bone loss may require additional steps, usually in the form



Ryc. 3. Stabilizacja guzka większego kości ramiennej wkrętem AO  
Fig. 3. Stabilization of the greater tubercle with AO screw

nego oraz następstwami wynikającymi z jego pozostawiania.

Stabilność zespolenia w zaawansowanym zaniku kostnym może wymagać dodatkowych czynności, spośród których najczęstsze zastosowanie znajdują odciążenia szwami założonymi za ścięgno mięśnia nadgrzebieniowego (najczęstsze źródło destabilizacji pooperacyjnych) kotwiczonymi bezpośrednio w trzonie kości ramiennej lub do wkrętu korowego (Ryc. 3). Możliwe są również zespolenia płytkowe [14,15] jak również mniej lub bardziej zaawansowane techniki zespolen przeszskórnych, w tym tych wykonywanych nawet w złamaniach trój- i czterofragmentowych [16].

Przemieszczone złamania szyjki chirurgicznej mogą być z powodzeniem stabilizowane techniką gwoździowania śródszpikowego. Technika ta umożliwia bowiem uzyskanie niezwykle stabilnego zespolenia przy minimalnym dostępie operacyjnym, a więc przy bardzo ograniczonym jatrogennym uszkodzeniu tkanek miękkich [17]. Stosowane w przeszłości stabilizacje z wykorzystaniem prętów Rusha, drutów Kirschnera (w tym przeszskórne techniki „palm-tree” i z wykorzystaniem techniki Epibloc) oraz różnego kształtu płytek AO-wskich wykazały wiele niedoskonałości zwłaszcza w zakresie wytrzymałości mechanicznej uzyskanej przy ich pomocy stabilizacji z częsty-

of unloading with sutures placed over the supraspinatus tendon (the most common cause of postoperative loss of stability) anchored directly to the humeral shaft or to cortical screws (Fig. 3). Other options include plate fixation [14,15] and more or less advanced percutaneous fixation techniques, including ones used even in three- and four-fragment fractures [16].

Displaced fractures of the surgical neck may be successfully managed with intramedullary nailing. This technique allows for very stable fixation with a minimal surgical approach, which translates to very limited iatrogenic soft tissue damage [17]. Previously used techniques, based on the Rush pins, Kirschner wires (including percutaneous “palm tree” and Epibloc techniques), and various shapes of AO plates, had multiple limitations, particularly with respect to mechanical resistance of the fixation, with secondary fracture fragment displacement and migration of the fixing material seen frequently [18-21]. The moderate treatment outcomes even prompted doctors to suggest conservative treatment, particularly in the elderly [22].

Nowadays, three- and four-fragment fractures are usually managed with angularly-stable plate fixation (Fig. 4), intramedullary nails (Fig. 5) or shoulder joint prostheses in the case of elderly patients (Fig. 6).



Ryc. 4. Stabilizacja wieloodłamowe złamania końca bliższego kości ramiennej płytą kątowno-stabilną  
Fig. 4. Stabilization of the comminuted fracture of proximal humerus with angularly-stabile plate



Ryc. 5. Stabilizacja złamania gwoździem śródszpikowym rekonstrukcyjnym  
Fig. 5. Fracture stabilization with reconstructive intramedullary nail





Ryc. 6. Proteza odwrócona stawu ramiennego  
Fig. 6. Reverse endoprosthesis of the shoulder

mi wtórnymi przemieszczeniami odłamów i migracją materiału zespalającego [18-21]. Miernie wyniki były wręcz przyczyną postulowanego postępowania nieoperacyjnego, zwłaszcza u osób w wieku podeszłym [22].

Złamania trój- i czterofragmentowe są obecnie najczęściej zaopatrywane zespoleniami płytkami kątowno-stabilnymi (Ryc. 4) gwoździami śródszpikowymi (Ryc. 5), lub też, u chorych będących w zaawansowanym wieku, protezowaniem stawu ramiennego (Ryc. 6).

Wprowadzenie do użycia płytek kątowno-stabilnych pozwoliło na uzyskanie dużo bardziej stabilnych zespołów niż tych gwarantowanych przy użyciu płytek AO-wskich, zmniejszając tym samym odsetek przemieszczeń wtórnych [23,24]. Z tego też powodu są one obecnie najczęściej wybieranym rodzajem zespołów płytkowych. Ich niewątpliwą zaletą jest dobry wgląd w okolicę złamania umożliwiającą anatomiczną repozycję odłamów. Wadą – wyższy odsetek powikłań spowodowanych penetracją wkrętów do stawu oraz rozległością wykonanego zabiegu, a tym samym i infekcji, pooperacyjnych przykurczów stawu spowodowanych rozległym bliznowaceniem, oraz jałowej martwicy głowy kości ramiennej [25]. Wykazano, że odsetek prześrubowań głowy kości ramiennej z interpozycją wkrętów do stawu osiąga nawet 23%, przewlekłych dolegliwości bólowych w obrębie

The introduction of angularly-stable plates allowed for achieving considerably better fixation stability than in the case of AO plates, thus reducing the rates of secondary displacement [23,24]. Consequently, angularly-stable plates are currently the most common type of plates used in fracture fixation. Their advantage consists in good exposure of the fracture area, allowing for anatomical fragment reduction; however, they are associated with a higher percentage of complications caused by the screws penetrating into the joint as well as by the extensiveness of the procedure and, consequently, infections, postoperative joint contractures developing due to extensive scarring, and aseptic necrosis of the humeral head [25]. Research has shown that the percentage of cases with screws penetrating the humeral head and being interposed into the joint reaches 23%, chronic shoulder joint pain occurs in 16% of cases, and avascular necrosis of the humeral head develops in 10% of fractures treated with this technique [26].

Fixation using intramedullary nails helps avoid many of these complications, but limits the surgical approach, which increases the risk of intraoperative damage to the supraspinatus tendon, incomplete fracture reduction, and, if there is a protruding nail, shoulder impingement syndrome [27].

stawu ramiennego 16%, a jałowej martwicy głowy kości ramiennej – 10% wykonanych stabilizacji [26].

Z kolei stabilizacje z użyciem gwoździ śródszpikowych pozwalają na uniknięcie znacznej części tych powikłań, jednak ograniczają dostęp operacyjny niosąc tym samym wyższe ryzyko śródoperacyjnych uszkodzeń ścięgna mięśnia nadgrzebieniowego i niepełnej repozycji złamania oraz, przy nadmiernie wystającym gwoździu, ciasnoty podbarkowej [27].

Obie metody (zespolenia płytkowe z użyciem płytek łokowo-stabilnych i stabilizacja śródszpikowe) mają zatem swoje zalety i tym samym – swoich zagrożonych zwolenników; co nie zmienia faktu, że obie mają też i istotne ograniczenia, a ich skuteczność w opinii wielu autorów jest porównywalna nie wykazując istotnych różnic w częstości występowania powikłań [28, 29]. Obie stanowią obecnie „złoty standard” stabilizacji złamań bliższego końca kości ramiennej.

Złamania trój- i czterofragmentowe u chorych w wieku zaawansowanym (wiek biologiczny >70 r. ż.), obarczonych zaawansowanym zanikiem kostnym, niosą zdecydowanie wyższe ryzyko powikłań wynikających zarówno z braku możliwości anatomicznej repozycji odłamów jak i utrzymania stabilności zespolenia. Są również obciążone wyższym odsetkiem zaburzeń gojenia i pooperacyjnego przykurczu stawu ramiennego wynikających z ograniczonej współpracy przy usprawnianiu. Z tych powodów w tej specyficznej grupie chorych zasadnym staje się wybór aloplastyki stawu ramiennego, której celem jest szybkie przywrócenie funkcji kończyny i tym samym uniknięcie konieczności wykonywania zabiegów powtórnych wymuszonych zaburzeniami zrostu kostnego [30]. O ile zachowana jest funkcja mięśni wchodzących w skład pierścienia rotatorów zastosowanie znajdują protezy anatomiczne, w przeciwnym razie – protezy odwrócone. Przemieszczenie osi obrotu stawu do boku umożliwi bowiem skuteczniejsze przyparcie elementów implantu przez mięsień naramienny zastępujący tym samym, przynajmniej częściowo, dysfunkcję uszkodzonego mięśnia nadgrzebieniowego. Przy użyciu współczesnych technik operacyjnych i implantów wyniki dobre i bardzo dobre wykazuje niemal 90% poddanych temu zabiegowi chorych.

### USPRAWNIANIE POOPERACYJNE

Usprawnianie stawu ramiennego w okresie pooperacyjnym musi być prowadzone bardzo rozważnie. Skuteczność leczenia uzależniona jest zarówno od zakresu urazu i następowego bliznowacenia tkanek okołostawowych jak i zaangażowania fizjoterapeuty i współpracy chorego w rehabilitacji. Celem nadrzędnym jest przywrócenie fizjologicznego zakresu ruchu w stawie ramiennym, siły mięśniowej i koordy-

Both methods (angularly-stable plate fixation and intramedullary fixation) have their advantages and, consequently, their staunch proponents, but they are also associated with important limitations. According to many authors, their efficacy is comparable, with no significant differences in the incidence of complications [28,29]. Both these methods are considered gold standards in proximal humeral fracture fixation.

Three- and four-fragment fractures in the elderly (biological age >70 years) with advanced bone loss are associated with a considerably higher risk of complications occurring when anatomical fracture fragment reduction is impossible and when fixation stability cannot be maintained. In addition, a higher percentage of these patients develop healing abnormalities and postoperative shoulder joint contractures, which is caused by limited patient compliance during rehabilitation. Consequently, there is a rationale for treating this specific group of patients with shoulder arthroplasty, which is aimed at fast restoration of limb function and prevention of secondary procedures performed due to bone union abnormalities [30]. If the function of the rotator cuff muscles is preserved, anatomical prostheses are implanted, otherwise reverse prostheses are used. Lateral displacement of the axis of joint rotation allows the deltoid muscle to press against implant parts more effectively, thus replacing, at least in part, the damaged supraspinatus. With modern surgical techniques and implants, good and excellent results are noted in almost 90% of patients treated with this procedure.

### POSTOPERATIVE REHABILITATION

Postoperative shoulder rehabilitation must be conducted very carefully. Treatment efficacy depends on the extent of the injury, subsequent periarticular tissue scarring, efforts of the physiotherapist, and patient compliance during the rehabilitation process. The main objective is to restore physiological shoulder joint mobility, muscle strength, and motor coordination, which are necessary for full limb function

nacji ruchowej warunkujących pełny powrót funkcji kończyny [31]. Jest to możliwe jedynie przy pełnej współpracy chorego wynikającej z jego zaufania do rehabilitanta oraz wiary w celowość i skuteczność terapii. Niestety należy liczyć się z faktem, że nawet najbardziej sprzyjające warunki, ogromne zaangażowanie zespołu rehabilitacyjnego i bardzo dobra współpraca chorego nie gwarantują przywrócenia sprawności kończyny w stopniu adekwatnym do tego sprzed urazu, a złamanie pozostawi po sobie następstwa w postaci mniej lub bardziej nasilonej niepełnosprawności.

Zakres ćwiczeń powinien być indywidualizowany w zależności od możliwości i oczekiwań chorego oraz stabilności zespolenia. Zła jakość tkanki kostnej, będąca najczęściej wynikiem nasilonej osteoporozy, obawa przed ryzykiem wystąpienia zaburzeń gojenia lub po prostu brak współpracy chorego mogą opóźnić podjęcie decyzji o rozpoczęciu usprawniania zwiększając tym samym ryzyko przykurczu stawu ramiennego. Należy przestrzegać zasady unikania unieruchomień kończyny w opatrunku gipsowym lub ortezie przez okres dłuższy niż 3 tygodnie, rozpoczynając usprawnianie natychmiast po zdjęciu unieruchomienia, tj. optymalnie między czwartym a dziesiątym tygodniem.

Początkowo zakres ćwiczeń składa się z ćwiczeń biernych, rozszerzanych wraz z powrotem funkcji kończyny o ćwiczenia czynno-bierne i czynne izometryczne, koncentryczne i ekscentryczne. Należy uważnie kontrolować proces usprawniania celem uniknięcia powikłań zbyt wczesnej lub nadmiernej nasilonej rehabilitacji: destabilizacji zespolenia, obłuzowania lub złamania użytych do stabilizacji implantów oraz zaburzeń zrostu kostnego.

Schemat usprawniania pooperacyjnego składa się z trzech etapów:

- Etap 1 (pierwsze 3 tygodnie)
  - Unieruchomienie i odciążanie operowanej kończyny na temblaku (nie dotyczy chorych po endoprotezoplastyce).
  - Wdrażanie ćwiczeń wahadłowych.
  - Ruchy bierne – wspomagane.
  - Unikanie rotacji zewnętrznej przez pierwszych 6 tygodni.
- Etap 2 (3.-9. tydzień; możliwy do wprowadzenia, o ile nie występują zaburzenia gojenia się złamania oraz nie ma wtórnych przemieszczeń odłamów w obrazie rtg).
  - Ćwiczenia czynne – wspomagane (zgięcie i odwodzenia w stawie ramiennym)
  - Wykonywanie delikatnych ruchów czynnych z odwozaniem kończyny do granicy bólu, początkowo w odciążeniu, a po 6. tygodniu ze stopniowo zwiększonym obciążaniem.

recovery [31]. In order for this to happen, the patient needs to trust the physiotherapist and believe the treatment to be useful and effective; only then can the patient fully cooperate. Unfortunately, even the best conditions, full commitment of the rehabilitation team, and excellent patient compliance cannot guarantee that pre-injury limb function will be restored; the fracture may still result in mild or more severe disability.

The range of exercises should be adjusted to the patient's abilities and expectations and to stability of the fixation. Poor bone quality, usually resulting from severe osteoporosis, fear of the risk of healing abnormalities, or simply the lack of patient compliance may delay the decision to start rehabilitation, thus increasing the risk of shoulder joint contractures. It is important to avoid limb immobilization in a plaster cast or orthosis for more than 3 weeks and start rehabilitation immediately after the immobilization device is removed, i.e. ideally between the fourth and ninth week.

Initially, rehabilitation includes passive exercises, with passive-active exercises and active isometric, concentric, and eccentric exercises added as limb function improves. The process of rehabilitation should be carefully monitored to avoid complications that may develop in cases where rehabilitation starts too early or is too intensive; these complications include loss of fixation stability, implant loosening or fracture, and bone union abnormalities.

The postoperative rehabilitation regimen has three stages:

- Stage 1 (first 3 weeks)
  - Immobilization with no weight-bearing on the operated limb (using a sling; except for patients after arthroplasty).
  - Initiation of pendulum exercises.
  - Assisted passive movement.
  - Avoiding external rotation for the first 6 weeks.
- Stage 2 (3<sup>rd</sup>-9<sup>th</sup> week; may be implemented provided that there are no fracture healing abnormalities or secondary fragment displacement on radiographic images).
  - Assisted active exercises (flexion and abduction in the shoulder joint).
  - Careful active movements with limb abduction until pain occurs, with no weight bearing at first, then gradually increasing loads after the 6<sup>th</sup> week.
- Stage 3 (from 9<sup>th</sup> week)
  - Isotonic, concentric, and eccentric exercises.
  - In patients with normal radiographic bone union progression and with a shoulder joint contracture – passive stretching performed by an experienced physiotherapist.

- Etap 3 (od 9 tygodnia)
- Ćwiczenia izotoniczne, koncentryczne i ekscentryczne.
- U chorych z prawidłowo postępującym zrostem w obrazach rtg i z przykurczem stawu ramiennego – redresje wykonywane przez doświadczonego fizjoterapeutę.

### POWIKŁANIA

Powikłaniami złamań bliższego końca kości ramiennej są zarówno następstwa samego urazu jak i wdrożonego w jego wyniku leczenia i następującego po nim usprawniania.

Z przyczyn oczywistych złamanie wymaga unieruchomienia na okres odpowiednio długi dla wytworzenia kostniny, którego ubocznym skutkiem są przykurcze ograniczające zakres ruchomości stawu ramiennego powstające w wyniku zrostów i bliznowacenia tkanek okołostawowych. Unieruchomienie musi być zatem na tyle długie, aby umożliwić gojenie złamania i jednocześnie na tyle krótkie, aby nie doprowadzić do nieodwracalnych zaburzeń funkcji stawu ramiennego, stanowiąc próbą pogodzenia tych dwóch sprzeczności.

Leczenie operacyjne pozwala na ustabilizowanie odłamów kostnych pozwalając, o ile jest zespoleniem stabilnym, wyeliminować konieczność zakładania unieruchomień zewnętrznych. Niesie jednak ryzyko powikłań typowych dla każdej interwencji operacyjnej, w tym zakażenia pola operowanego, destabilizacji wywołanej niewłaściwą (czasem wręcz błędną) stabilizacją, uszkodzeniem istotnych struktur anatomicznych, zwłaszcza pęczka naczyniowo – nerwowego. Jest również obciążające dla organizmu chorego – wymaga zatem odpowiedniego przygotowania. Obciążenia nieortopedyczne (niewydolność krążenia, oddechowa i nerek, zaburzenia metaboliczne, endokrynologiczne i psychosomatyczne) często występujące u chorych w wieku podeszłym, tj. u osób najczęściej doznających złamań tej okolicy, ograniczają, a w niektórych przypadkach wręcz wykluczają możliwość bezpiecznego wykonania zabiegu operacyjnego.

Najczęstszymi powikłaniami alopastyki stawu ramiennego są: utrata stabilności implantu (obluzowania), uszkodzenia pierścienia rotatorów, skostnienia pozaszkieletowe, złamania okołoprotezowe, uszkodzenia struktur splotu ramiennego i zakażenia. Występują one w ok. 15% przypadków [32].

Z kolei leczenie zachowawcze, pozwalając co prawda uniknąć niedogodności związanych z interwencją chirurgiczną, wymaga długotrwałego unieruchomienia zagrażając tym samym powstaniem przykurczu stawu ramiennego.

### COMPLICATIONS

Complications of proximal humeral fractures result both from the injury itself and from the treatment and subsequent rehabilitation.

For obvious reasons, fractures require immobilization lasting long enough for callus to develop; however, immobilization can have side effects in the form of contractures limiting shoulder joint mobility, which occur due to adhesions and scarring of periarticular tissues. Consequently, treatment attempts to reconcile these contradictions: immobilization must be long enough to allow for fracture healing, but short enough so that it does not result in irreversible shoulder joint dysfunction.

Surgical treatment allows for stabilisation of the fracture fragments and, as long as the fixation is stable, elimination of external immobilization devices. However, there is a risk of complications typical of any surgery, including surgical field infections, loss of stability due to inappropriate (sometimes even incorrect) fixation, or damage to important anatomical structures, especially neurovascular bundles. This type of treatment is also a burden for the patient's body and requires preparation. Non-orthopaedic comorbidities (circulatory, respiratory, and kidney failure, metabolic, endocrine, and psychosomatic disorders) are often encountered in elderly patients, i.e. the group where these fractures are most common; these conditions limit and sometimes rule out the possibility of safely conducting a surgical procedure.

The most common complications of shoulder arthroplasty comprise loss of implant stability (loosening), damage to the rotator cuff, heterotopic ossification, periprosthetic fractures, damage to the brachial plexus structures, and infections. They occur in approx. 15% of cases [32].

In turn, conservative treatment allows for avoiding the problems associated with surgery, but requires long-term immobilization, thus resulting in the risk of shoulder joint contractures.

Treatment planning in a given clinical case requires an analysis of all circumstances associated with the treatment process, including rehabilitation.

Planowanie leczenia w konkretnym przypadku klinicznym wymusza analizę wszystkich okoliczności związanych z przebiegiem procesu leczenia, włączając w to rehabilitację.

### PODSUMOWANIE

Złamania bliższego końca kości ramiennej są relatywnie częstymi urazami narządu ruchu. Mogą być one leczone zarówno nieoperacyjnie jak i operacyjnie.

Na wybór metody leczenia i jej ostateczny efekt wpływ mają zarówno konfiguracja złamania (ilość i przemieszczenie fragmentów kostnych), współwystępowanie urazów towarzyszących (zwichnięcie stawu ramiennego, uszkodzenia struktur naczyniowo-nerwowych, mięśni i ścięgien), jak również wiek chorego, jego stan ogólny, aktywności fizyczna oraz akceptacja danej metody leczenia oraz skłonność chorego do współpracy w okresie pooperacyjnym, a zwłaszcza w rehabilitacji.

Każda z metod ma swoje zalety, każda ma też i ograniczenia. Metody nieoperacyjne pozwalają co prawda uzyskać zrost kostny, jednak ich ostateczny wynik czynnościowy jest w znacznej mierze pogarszany przez przykurcz stawu ramiennego wynikający z długotrwałego unieruchomienia. Mogą też, przy przemieszczeniu odłamów, w początkowym okresie leczenia wymagać założenia wyciągu bezpośredniego lub też leczenia metodą gipsu wiszącego. Pozwalają jednak uniknąć interwencji operacyjnej, która w pewnych sytuacjach (zły stan ogólny chorego, liczne lub ciężkie obciążenia nieortopedyczne, brak zgody chorego na zabieg operacyjny) jest znacznie utrudniona lub wręcz niemożliwa do przeprowadzenia.

Operacyjne metody leczenia pozwalają na uniknięcie tych niedogodności gwarantując uzyskanie zespolenia wydolnych w stopniu wykluczającym konieczność stosowania unieruchomień zewnętrznych. Tym samym funkcjonalny wynik leczenia jest w dużo mniejszym stopniu wiktany przykurczami stawu ramiennego i zanikami mięśni, a proces usprawniania pooperacyjnego znacznie ułatwiony.

Spośród dostępnych obecnie stabilizacje z użyciem płytek kątowno-stabilnych oraz zespolenia śródszpikowe pozwalają uzyskać najlepsze wyniki leczenia przy minimalnej liczbie powikłań. Żadna z nich nie wykazuje jednak przewagi nad drugą. Doniesienia literaturowe wskazują, że, pomijając osobiste preferencje chirurgów, są one równoważne.

W przypadku złamań wieloodłamowych, zwłaszcza u chorych w wieku starszym, metodą z wyboru pozwalającą na uzyskanie optymalnego wyniku funkcjonalnego leczenia jest alopastyka stawu ramiennego. Lepsze efekty wynikają z użycia protez odwróconych

### CONCLUSION

Proximal humeral fractures are relatively common musculoskeletal injuries. The treatment may be conservative or surgical.

The selection of a treatment method and the final outcome depend on the type of fracture (number and displacement of bone fragments), presence of concomitant injuries (shoulder dislocation, neurovascular damage, muscle and tendon damage), the age, overall health, and level of physical activity of the patient, acceptance of the treatment method by the patient, and patient compliance in the postoperative period, particularly during rehabilitation.

Every method has its advantages and limitations. Conservative treatment approaches allow for achieving bone union, but their final functional outcomes are considerably worsened by shoulder joint contractures caused by the long-term immobilization. If fracture fragment displacement is present, initial treatment may require direct traction or hanging cast. However, these methods help avoid surgery, which in some cases (poor overall health, multiple or severe non-orthopaedic comorbidities, lack of patient consent for surgery) is very difficult or even impossible to perform.

Surgical treatment methods help avoid these problems and ensure effective fixation that does not require external immobilization. Consequently, functional outcomes are considerably less often complicated by shoulder joint contractures or muscle atrophy, and postoperative rehabilitation is much easier.

Among the currently available techniques, angularly-stable plate fixation and intramedullary nailing ensure the best treatment outcomes with the lowest rate of complications. However, neither technique can be described as superior to the other; the literature indicates that these methods are equivalent and their use may only depend on the personal preferences of the surgeon.

In comminuted fractures, particularly occurring in the elderly, shoulder arthroplasty is a method of choice that allows for achieving optimal functional outcomes. Better results are reported with reverse prostheses compared with anatomical ones, but patients with reverse prostheses experience more complications and are less satisfied than individuals who have received anatomical prostheses [33].

niż anatomicznych, jednakże po protezach odwróconych występuje więcej powikłań oraz pacjenci zgłaszając mniejszą satysfakcję niż przy zastosowaniu protez anatomicznych [33].

Reasumując, obecne dostępnymi metodami z wyboru w leczeniu wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej są:

- Nieoperacyjne:
  - Unieruchomienie w opatrunku gipsowym lub w ortezie typu Desaulta przez 3 tyg., następnie intensywne usprawnianie
  - Przy nieprzemieszczonych złamaniach guzka większego kości ramiennej unieruchomienie kończyny w gipsie piersiowo-ramiennym odwodzącym lub w ortezie odwodzącej
  - W przypadku złamań wieloodłamowych przemieszczonych – repozycja odłamów na wyciągu bezpośrednim założonym za wyrostek łokciowy i po konsolidacji odłamów (10.-14. doba) doleczenie w opatrunku typu Dessaulta przez kolejne 7-14 dni, następnie intensywne usprawnianie
  - Alternatywnym postępowaniem jest leczenie w gipsie wiszącym Caldwell'a z obciążeniem kończyny wyciągiem pośrednim w osi kości ramiennej ok. 2 kg.
- Operacyjne:
  - Repozycja anatomiczna złamań guzków kości ramiennej oraz stabilizacja wkrętem / wkrętami lub poprzęgiem.
  - Repozycja anatomiczna lub zbliżona do anatomicznej, stabilizacja płytką kątowno-stabilną
  - Stabilizacja z użyciem gwoźdźcia śródszpikowego, w tym rekonstrukcyjnego
  - Alopastyka stawu ramiennego odwrócona lub anatomiczna

Wieloodłamowe złamania końca bliższego kości ramiennej stanowią znaczne zagrożenie dla sprawności kończyny niosąc ryzyko powstania trwałego kalectwa. Ryzyko to można znacznie zminimalizować wyborem optymalnej w danej sytuacji klinicznej metody leczenia oraz następującego po nim usprawniania.

Jak najdokładniejsza repozycja i stabilne zespolenie odłamów są obecnie najbardziej optymalną metodą leczenia złamań przemieszczonych, pozwalającą nie tylko przywrócić anatomiczny kształt bliższego końca kości ramiennej, ale też i uniknąć długotrwałego unieruchomienia i wdrożyć praktycznie natychmiast po zabiegu usprawnianie minimalizując ryzyko wystąpienia przykurczu stawu ramiennego. Z tych też powodów jest to najbardziej optymalna z stosowanych obecnie metod leczenia.

Śród stosowanych metod stabilizacji najczęściej zastosowanie znajdują stabilizacje płytkami ką-

To sum up, the currently available methods of choice in the treatment of comminuted proximal humeral fractures are as follows:

- Conservative:
  - Immobilization in Dessault's plaster cast or orthosis for 3 weeks followed by intensive rehabilitation
  - In non-displaced fractures of the greater tubercle of the humerus – limb immobilization in a thoracobrachial abduction plaster cast or abduction orthosis
  - In comminuted displaced fractures – fracture fragment reduction using direct traction placed through the olecranon; after fracture fragment consolidation (10<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> day), the patient is further treated with Dessault-type dressing for another 7-14 days and then undergoes intensive rehabilitation
  - Alternatively, Caldwell hanging arm cast with indirect traction can be used with an approx. 2-kg load along the axis of the humerus.
- Surgical:
  - Anatomical reduction of humeral tubercle fractures and fixation with a screw / screws or tension band.
  - Anatomical or close-to-anatomical reduction, angularly-stable plate fixation
  - Intramedullary nail fixation, including reconstructive nailing
  - Shoulder arthroplasty with reverse or anatomical prostheses

Comminuted proximal humeral fractures may significantly impair limb function and are associated with the risk of permanent disability. This risk may be considerably reduced with the use of an optimal treatment method appropriate for a given clinical situation and with post-treatment rehabilitation.

Fracture reduction (as complete as possible) and stable bone fragment fixation currently constitute the most optimal method of treatment in patients with displaced fractures. This treatment restores the anatomical shape of the proximal end of the humerus, while avoiding long-term limb immobilization and allowing for early rehabilitation that essentially starts immediately after the procedure, which reduces the risk of shoulder contractures. Consequently, it is the most optimal treatment method used today.

The most common methods of fixation are angularly-stable plate fixation and intramedullary nail fixation. Both methods have certain advantages and limitations and both have their proponents; neither has been proven to be superior to the other, although more authors seem to prefer plate fixation. The advantage of this method is that it requires appropriately

towo-stabilnymi i gwoźdźmi śródszpikowymi. Obie metody mają swoje zalety i ograniczenia. Obie mają też swych zwolenników, a jednoznaczna ocena przewagi którejkolwiek z nich nie została jak dotąd jednoznacznie wykazana, choć większa liczba autorów skłonna jest do preferowania zespołów płytkowych. Ich niewątpliwą zaletą jest konieczność wykonywania zespolenia z odpowiednio szerokich dostępów operacyjnych umożliwiających dużo lepszą repozycję odłamów niż stabilizacje z użyciem zespołów śródszpikowych wykonywane z reguły z dostępów punktowych. Jest to niestety również i ich wadą, szczególnie wtedy, gdy masywne bliznowacenie tkanek po zabiegu operacyjnym zaburza zakres ruchu w stawie ramiennym.

Aloplastyka stawu ramiennego, z powodu licznych niedoskonałości (relatywnie częste zwichanie, szybkie obluźowywanie i gorszy niż w przypadku zespolenia wynik funkcjonalny) jest zalecana u tych chorych, u których konfiguracja złamania (wieloodłamowe złamania osteoporotyczne), współistniejące schorzenia internistyczne i zaawansowany wiek wskazują na korzyści płynące z szybkiego przywrócenia funkcji kończyny bez konieczności oczekiwania na zrost kostny. Zwłaszcza, gdy brak jest podstaw do wyrażania obaw o ryzyko wystąpienia powikłań w okresie dłuższym niż 8-10 lat po zabiegu.

U chorych nie wyrażających zgody na leczenie operacyjne oraz w przypadku istnienia istotnych przeciwwskazań do zabiegu zastosowanie znajduje leczenie zachowawcze (unieruchomienie w ortezie Dessaulta na okres 3 tygodni). Co prawda nie pozwala ono uzyskać tak dobrych efektów jak leczenie operacyjne, jednak uzyskany zrost kostny, nawet pomimo braku anatomicznej konfiguracji bliższego końca kości ramiennej, przywraca sprawność kończyny umożliwiając choremu samoobsługę. Również złamania nieprzemieszczone, niezależnie od wieku chorego, mogą być z powodzeniem leczone zachowawczo prowadząc do bardzo dobrych wyników funkcjonalnych leczenia.

wide surgical approaches allowing for considerably better fracture fragment reduction compared to fixation with intramedullary nails, which is usually performed from limited surgical approaches. Unfortunately, this may be a downside as well, especially when massive tissue scarring after the procedure impairs the range of motion in the shoulder.

Due to its numerous limitations (e.g. relatively high incidence of dislocation, fast implant loosening, and functional results worse than in the case of fixation), shoulder arthroplasty is recommended in patients in whom the type of fracture (comminuted osteoporotic fractures), concomitant internal diseases, and older age suggest that it would be beneficial to ensure early limb function restoration without waiting for bone union. This is especially the case when there is no reason to worry about the risk of complications developing more than 8-10 years after the procedure.

If the patient does not consent to surgical treatment, or if there are significant contraindications to the procedure, conservative treatment is used (immobilization in a Dessault-type orthosis for 3 weeks). Admittedly, treatment outcomes are than in patients treated surgically, but bone union achieved with this treatment, even if the anatomical position of the proximal humerus is not seen, restores limb function and allows the patient to perform self-care activities. Non-displaced fractures, irrespective of the patient's age, may also be successfully treated with conservative methods, which result in excellent functional outcomes.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Passaretti D, Candela V, Sessa P and Gumina S. Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area. *Shoulder Elbow Surg* 2017;26(12):2117-24.
2. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury* 2006;37:691-7.
3. Schumaier A, Grawe B. Proximal Humerus Fractures: Evaluation and Management in the Elderly Patient. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 2018 ;9:1-11.
4. Court-Brown C, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury, Int. J. Care Injured* 2006;37:691-7.
5. Bianchi S, Prato N, Martinoli C, Derchi LE. Shoulder Radiography. In: Davies AM, Hodler J. *Imaging of the shoulder: techniques and applications*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag; 2003.
6. Carofino BC, Leopold SS. Classifications in brief: the Neer classification for proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471(1):39-43.
7. Salter RB, Harris WR. Injuries Involving the Epiphyseal Plate. *J Bone Joint Surg Am* 1963;45:587-622.
8. Handoll HHG, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2015;11: Art.No.: CD000434.
9. Kaya N, Mardian S, Schwabe P, Manegold S, Tsitsilonis S. Treatment of Geriatric Proximal Humerus Fractures: Indications and Outcome. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2017;84(6):418-23.

10. Rouleau D, Mutch J, Laflamme GY. Surgical treatment of displaced greater tuberosity fractures of the humerus. *J Am Acad Orthop Surg* 2016;24:46-56.
11. Gaździk T. *Ortopedia i Traumatologia* (wyd.3). Warszawa: PZWL; 2009.
12. Yildiz C, Kürklü M, Ozkan H, et al. AO tension band technique application in proximal humerus fractures. *Eklemler Hastalik Cerrahisi* 2010;21(2):62-7.
13. Dimakopoulos P, Panagopoulos A, Kasimatis G. Transosseous suture fixation of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(8):1700-9.
14. Park SE, Jeong JJ, Panchal K, Lee JY, Min HK, Ji JH. Arthroscopic-assisted plate fixation for displaced large-sized comminuted greater tuberosity fractures of proximal humerus: a novel surgical technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(12):3892-3898.
15. Popp D, Schöffl V, Strecker W. Osteosynthese dislozierter Tuberculum-majus-Frakturen mit der Bamberger Platte. *Oper Orthop Traumatol* 2016;28(5):392-401.
16. Bogner R, Hübner C, Matis N, Auffarth A, Lederer S, Resch H. Minimally-invasive treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in elderly patients. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90(12):1602-7.
17. Sobel AD, Shah KN, Paxton ES. Fixation of a Proximal Humerus Fracture With an Intramedullary Nail. *J Orthop Trauma* 2017;31(3):S47-S9.
18. Rosa MA, Maccauro G, Nizegorodcew T, Falcone G, Di Segni F. Percutaneous elastic fixation of proximal humeral fractures: operative indications, techniques, results and complications. *J Orthop Traumatol* 2002;2(3):157-64.
19. Mallick A, Hearsh M, Singh S, Pandey R. Modified rush pin technique for two- or three-part proximal humeral fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2008;16(3):285-9.
20. Ali AM, Fawzy SI, Moaty M, Abelaziz M. Treatment of proximal humerus fractures in children with a modified palm tree technique. *J Pediatr Orthop B* 2018;27(2):99-102.
21. Zacharia B, Putezhath K, Varghees I. Kirschner wire migration from subcapital humeral fracture site, causing hydropneumothorax. *Chin J Traumatol* 2016;19(5):305-8.
22. Zyto K. Non-operative treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients. *Injury* 1998;29(5):349-52.
23. Erasmo R, Guerra G, Guerra L. Fractures and fracture-dislocations of the proximal humerus: A retrospective analysis of 82 cases treated with the Philos® locking plate. *Injury* 2014;45(Suppl.6):S43-8.
24. Pak P, Eng K, Page RS. Fixed-angle locking proximal humerus plate: an evaluation of functional results and implant-related outcomes. *ANZ J Surg* 2013;83(11):878-82.
25. Kavuri V, Bowden B, Kumar N, Cerynik D. Complications Associated with Locking Plate of Proximal Humerus Fractures. *Indian J Orthop* 2018;52(2):108-16.
26. Beeres FJP, Hallensleben ND, Rhemrev SJ, et al. Plate fixation of the proximal humerus: an international multicentre comparative study of postoperative complications. *Arch Orthop Trauma Surg* 2017;137(12):1685-92.
27. Maier D, Jaeger M, Izadpanah K, Strohm PC, Suedkamp NP. Proximal humeral fracture treatment in adults. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96(3):251-61.
28. Sun Q, Ge W, Li G, et al. Locking plates versus intramedullary nails in the management of displaced proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop* 2018;42(3):641-50.
29. Wong J, Newman JM, Gruson KL. Outcomes of intramedullary nailing for acute proximal humerus fractures: a systematic review. *J Orthop Traumatol* 2016;17(2):113-22.
30. Kirchoff C1, Biberthaler P. Indikation zur primären Frakturendoprothetik der Schulter. *Unfallchirurg* 2013;116(11):1015-29.
31. Caforio M, Maniscalco P. The importance of early rehabilitation in proximal humeral fracture: A clinical trial of efficacy and safety of a new endomedullary nail. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2017;30(2):195-202.
32. Mizuno N, Denard PJ, Raiss P, Walch G. Reverse total shoulder arthroplasty for primary glenohumeral osteoarthritis in patients with a biconcave glenoid. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95(14): 1297-304.
33. Shields E, Wiater JM. Patient Outcomes After Revision of Anatomic Total Shoulder Arthroplasty to Reverse Shoulder Arthroplasty for Rotator Cuff Failure or Component Loosening: A Matched Cohort Study. *J Am Acad Orthop Surg* 2018. doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00350.

Liczba słów/Word count: 8998

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 6

Piśmiennictwo/References: 33

Adres do korespondencji / Address for correspondence  
 Grzegorz Szczesny, Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu,  
 Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Szpital Kliniczny Dzieciątka Jezus,  
 Warszawa, ul. Lindleya 4, tel: 501167475, e-mail: grzegorz.szczesny@wum.edu.pl

Otrzymano / Received 27.12.2018 r.  
 Zaakceptowano / Accepted 11.01.2019 r.



# Wpływ prześrubowania głowy kości ramiennej na funkcjonalny wynik leczenia wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej leczonego płytką kątowno-stabilną. Studium przypadku

## Intentional Overscrewing of Humeral Head in Comminuted Fracture of Proximal Humerus and its Impact on Shoulder Function. A Case Study

Grzegorz Szczęsny<sup>(A,B,D,E,F)</sup>, Karol Ratajczak<sup>(B,D,E,F)</sup>, Grzegorz Fijewski<sup>(B,D,F)</sup>,  
Paweł Małdyk<sup>(E)</sup>

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Warszawa  
Department of Orthopedics and Traumatology of the Musculoskeletal System, Medical University of Warsaw, Poland

### STRESZCZENIE

U 86-letniej chorej z powodu wielofragmentowego złamania końca bliższego prawej kości ramiennej, którego konfiguracja wymusiła wykonanie prześrubowania głowy kości ramiennej dla uzyskania stabilności zespolenia kierując wkręty rozbieżnie do przodu i tyłu dla minimalizacji konfliktu z panewką łopatki. 3,5 roku później doszło do analogicznego urazu barku lewego, którego konfiguracja pozwalała na stabilizację bez konieczności prześrubowania. W obu przypadkach dokonano stabilizacji z użyciem płytki kątowno-stabilnej (ChM, Polska) stosując unieruchomienie kończyny w ortezie przez 3 tygodnie, a następnie wdrażając intensywne usprawnianie.

Wyniki leczenia oceniono w 12. (52 dla strony prawej) miesiącu analizując obraz radiologiczny, zgłaszane dolegliwości bólowe i ograniczenia wykonywania czynności dnia codziennego oraz zakres ruchomości stawów ramiennych i obręczy kończyn górnych. Ocenę ponawiano po 12 i 18 miesiącach.

Chora negowała dolegliwości bólowe i ograniczenia zakresu ruchu stawów ramiennych, które wpływałyby negatywnie na wydolność kończyny. Deficyt odwiedzenia barku prawego (ok. 20°) był kompensowany ruchem w stawie łopatkowo-żebrowym. Zakres odwiedzenia wynosił 500 (1500) po stronie prawej i 700 (1700) po stronie lewej dla stawu ramiennego (obręczy kończyny górnej). Deficyt zgięcia ok. 200, wyprost i ruchy rotacyjne porównywalne. Nie stwierdzono poprawy ruchomości barku pomimo kontynuacji usprawniania po 12. miesiącu od złamania.

Radiogramy wykazały zrost kostny. Chora uzyskała 87 (kończyna prawa) oraz 89 (lewa) punktów w skali Constanta i 6,8 punkta dla obu kończyn w skali QuickDash.

Prześrubowanie głowy kości ramiennej nie należy do najkorzystniejszych metod zwiększania stabilności zespolenia, choć może być konieczne z braku dostępności metod alternatywnych. W wyjątkowych sytuacjach może być stosowane dla poprawy stabilności zespolenia nie wpływając w znaczący sposób na ostateczny wynik leczenia.

**Słowa kluczowe:** złamania bliższego końca kości ramiennej, stabilizacja płytkowa, stabilność zespolenia, prześrubowanie, efekt czynnościowy

### SUMMARY

An 86-year-old female was operated on due to a comminuted fracture of the right proximal humerus whose configuration necessitated over-screwing of the humeral head to improve stability, with the screws directed divergently: anteriorly and posteriorly, to minimize their conflict with the acetabulum. 3.5 years later she sustained a corresponding fracture of the left shoulder which was stabilized without over-screwing. On both occasions, the fractures were stabilized with titanium interlocking plates (ChM, Poland) and the limbs were immobilized in a shoulder brace for three weeks followed by intensive rehabilitation.

The patient attended a follow-up visit at 12 months (i.e. 52 months post the right shoulder fracture) which included an assessment of radiographs, pain and limb function as well as tests of the range of movement of the shoulder and girdle. Assessments were repeated at 12 and 18 months afterwards.

Patient denied limb pain and dysfunction. Abduction was reduced by 20°, which was compensated for by the scapulothoracic joint.

Shoulder (girdle) abduction reached 50° (150°) for the right and 70° (170°) for the left extremity. Flexion was reduced by 20°, but extension and rotations were comparable. At 12 months post fracture, no improvement of limb mobility was noted despite continued intensive physiotherapy.

X-rays showed satisfactory bone union. The patient scored 87 for the right and 89 for the left shoulder according to the Constant score and 6.8 points for each limb according to the QuickDash score.

Overscrewing of the humeral head is not the most beneficial method for improving stability of comminuted proximal humeral fractures; however, it may be used when alternative and more suitable methods are unavailable. Moreover, directing screws divergently anteriorly and posteriorly to minimize their conflict with the scapular acetabulum does not interfere with joint function outcomes.

**Key words:** fractures of the proximal humerus, plate fixation, fixation stability, overscrewing, functional impact

## WSTĘP

W naszej uprzednio opublikowanej w OTR analizie przyczyn niepowodzeń leczenia operacyjnego złamań bliższego końca kości ramiennej przedstawiliśmy przypadki dwóch chorych, u których konfiguracja złamania wymusiła prześrubowanie głowy kości ramiennej dla uzyskania stabilności zespolenia [1]. Przyczyny tego postępowania zostały szczegółowo wyjaśnione w Liście Do Redaktora i co prawda znajdują uzasadnienie w zaistniałej podczas zabiegu sytuacji, jednak jej skutki dla funkcji stawu ramiennego budzą wiele kontrowersji przede wszystkim wynikających z wysokiego ryzyka upośledzenia funkcji stawu ramiennego [2].

W niniejszej pracy prezentujemy wyniki leczenia jednej ze wspomnianych dwóch chorych, u której stwierdzona śródoperacyjnie konfiguracja złamania wymusiła prześrubowanie głowy kości ramiennej dla uzyskania stabilnego zespolenia odłamów. U tej samej chorej złamanie bliższego końca przeciwległej kości ramiennej 3,5 roku później, w którym zastosowano analogiczne leczenie jednak bez prześrubowania głowy kości ramiennej, dało możliwość oceny wpływu prześrubowania na ostateczny, funkcjonalny wynik leczenia nie tylko poprzez ocenę funkcji stawu ramiennego miarodajnymi skalami Constanta i Quick-Dash, ale również poprzez porównanie funkcji stawów ramiennych.

## OPIS PRZYPADKU

U 86-letniej chorej po upadku z własnej wysokości wykonano stabilizację wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej prawej z użyciem płytki kątowno-stabilnej ChM 5.0 (ChM, Polska) dokonując prześrubowanie odłamu zawierającego powierzchnię stawową głowy kości warunkujące jego stabilne zespolenie. Było to podyktowane tym, że odłam kostny zawierający powierzchnię stawową głowy kości ramiennej o grubości ok. 10 mm wykluczał uzyskanie stabilnego zespolenia wkrętami zakotwiczonymi w podchrzęstnej kości gąbczastej (Ryc. 1). Kierunek wprowadzenia wkrętów (wprowadzane rozbieżnie omijając panewkę stawu ramiennego) minimalizowała ryzyko konfliktu materiału zespalającego z panewką łopatki, co zweryfikowano śródoperacyjnie w skopii Rtg w maksymalnej rotacji wewnętrznej i zewnętrznej stawu ramiennego (Ryc. 2). W okresie pooperacyjnym chorą doleczano unieruchomieniem w ortezie Dessaulta przez 3 tyg. stosując całkowite odciążenie kończyny do czasu wygojenia rany poope-

## BACKGROUND

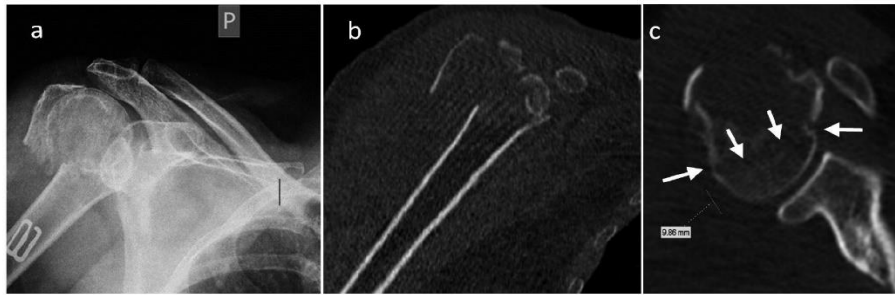
In our previous analysis we presented two patients in whom over-screwing of the humeral head was performed based on a decision taken intraoperatively to obtain stability of the fixation on account of a particular configuration of the fracture [1]. Briefly, a thin (ca 10 mm) bone fragment containing articular cartilage of the humeral head could not ensure stability of the fixation, especially in osteoporotic bone. Thus, the screws were inserted deeply, transfixing the humeral head and penetrating the joint, but their divergent positioning anteriorly and posteriorly minimized conflict with the scapular acetabulum as confirmed intraoperatively by x-ray in maximum internal and external shoulder rotation [2]. Postoperative follow-up showed sufficient stabilization with satisfactory fracture healing. Bone union occurred in both patients and postoperative rehabilitation allowed for restoring an almost physiological level of shoulder mobility.

The current paper presents the final functional outcomes of treatment of one of those patients whose humeral head had to be over-screwed. Additionally, that patient sustained a comminuted fracture of the contralateral proximal humerus 3.5 years later. The configuration of this second fracture allowed stabilization with the same type of plate but without the need to over-screw the joint. Thus, we had a unique opportunity to assess the impact of over-screwing on the functional outcome of the shoulder.

## THE PATIENT

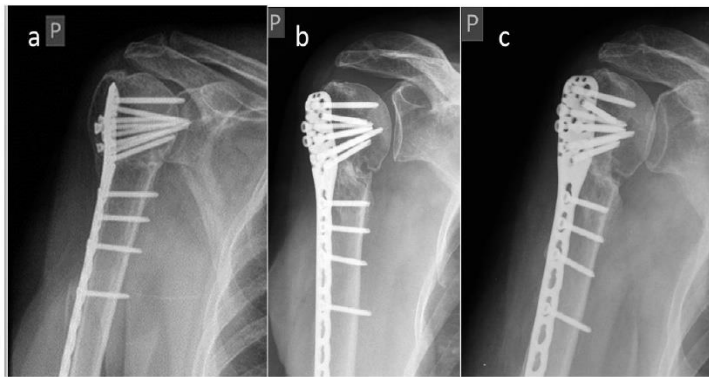
An 86-year-old woman was qualified for stabilization of a comminuted fracture of the proximal humerus with the use of an angularly stable interlocking plate (System 5.0, ChM, Poland). However, an additional fracture line was noticed intraoperatively that had not been visualized on preoperative x-ray and CT scans. It separated a thin (ca. 10 mm deep) bone fragment containing articular cartilage of the humeral head. This made it impossible to perform a stable fixation with screws in subchondral spongy bone (Fig. 1). Accordingly, it was decided to perform over-screwing, directing the screws divergently: anteriorly and posteriorly, to minimize their conflict with the scapular acetabulum, which was verified intraoperatively by x-ray in maximal internal and external rotation (Fig. 2). The extremity was immobilized in an arm sling for three weeks and then intensive rehabilitation commenced.

Subsequent follow-up showed satisfactory fracture healing with an improving range of motion in the



Ryc. 1. Wielofragmentowe złamanie końca bliższego kości ramiennej prawej: obraz Rtg (a) oraz TK w płaszczyźnie czołowej (b) i horyzontalnej z uwidocznionymi (strzałki) szczelinami złamania głowy kości ramiennej przeocznymi w analizie obrazu tomograficznego w okresie przedoperacyjnym (c)

Fig. 1. Preoperative x-ray (a) and coronal (b) and axial (c) CT scans showing a comminuted fracture of the right proximal humerus



Ryc. 2. Pooperacyjny obraz Rtg prawego stawu ramiennego w maksymalnej rotacji zewnętrznej (a), w ustawieniu pośrednim (b) i rotacji wewnętrznej (c) uwidaczniające prześrubowanie (strzałki) głowy kości ramiennej

Fig. 2. Postoperative x-ray image of the right shoulder at maximal external rotation (a), in an intermediate position (b) and at maximal internal rotation (c), revealing the over-screwing of the humeral head

racyjnej i zdjęcia szwów, a następnie wdrożono leczenie usprawniające staw ramienny z zakładaniem ortozy w okresach między ćwiczeniami. Po tym okresie zrezygnowano z unieruchomienia intensyfikując zabiegi usprawniające staw ramienny pod kierunkiem doświadczonego fizjoterapeuty i przywracając w łącznym czasie trzech miesięcy zadowalający zakres ruchomości stawu ramiennego. Chorej wydano zalecenia co do diagnostyki i leczenia osteoporozy.

3,5 roku później chora zgłosiła się z powodu urazu barku lewego z powodu upadku z własnej wysokości. W wykonanych Rtg i TK stwierdzono wielofragmentowe złamanie bliższego końca kości ramiennej (Ryc. 3). Również w tym przypadku wykonano repozycję operacyjną odłamów z ich stabilizacją płyt-

shoulder. The patient was advised to undergo diagnostic work-up and treatment for possible osteoporosis.

3.5 years later, she came back due to an injury to the left shoulder following a ground-level fall. X-rays and CT scans revealed a comminuted fracture of the proximal humerus (Fig. 3). Consequently, an open reduction and interlocking plate fixation were carried out as in the case of the previously stabilized right arm (System 5.0, ChM, Poland), but in this case humeral head over-screwing was not required (Fig. 4). The procedure was followed by removal of the screws perforating the right humeral head using small, 5 mm long approaches. The left limb was immobilized for three weeks, and later on intensive rehabilitation commenced.

ką kątowno-stabilną ChM 5.0. Jednak w tym wypadku konfiguracja odłamów umożliwiła uzyskanie stabilnego zespolenia przy posadowieniu wkrętów w podchrzęstnej warstwie głowy kości ramiennej, tj. bez konieczności prześrubowania powierzchni chrzęstnej głowy (Ryc. 4). W trakcie tego samego znieczulenia, po wykonaniu zespolenia złamań kości ramiennej lewej, z dostępów punktowych usunięto interponujące do jamy stawu wkręty z głowy kości ramiennej prawej. Usprawnianie w okresie pooperacyjnym prowadzono analogicznie do opisanego powyżej usprawniania po stabilizacji złamania kończyny prawej.

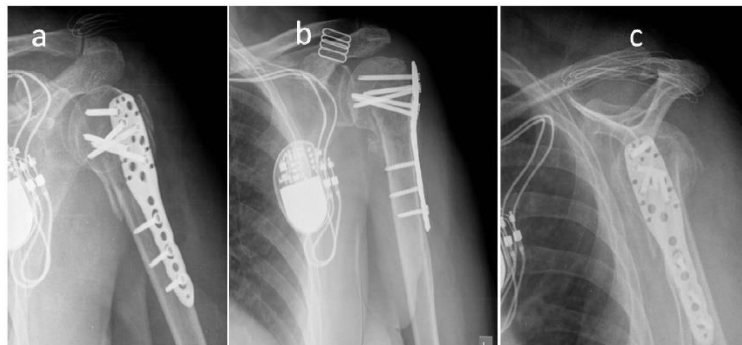
Funkcjonalny i radiologiczny wynik leczenia oceniono w 12. miesiącu po złamaniu końca bliższego

The patient was assessed clinically and radiologically at 6 weeks and 3, 6 and 12 months post-surgery. Functional and radiological outcomes were evaluated at 12 months after stabilization of the left humerus (i.e. at 52 months after stabilization of the right one), with a focus on the effectiveness of anatomical reduction of the bone fragments, the quality of bone union and the range of motion of the shoulders. Function in both limbs was assessed using the Constant Shoulder Score and the QuickDash Score [3].

Similar assessments were made at 24 (64) and 30 (70) months after the fracture of the left (right) limb (Fig. 5).

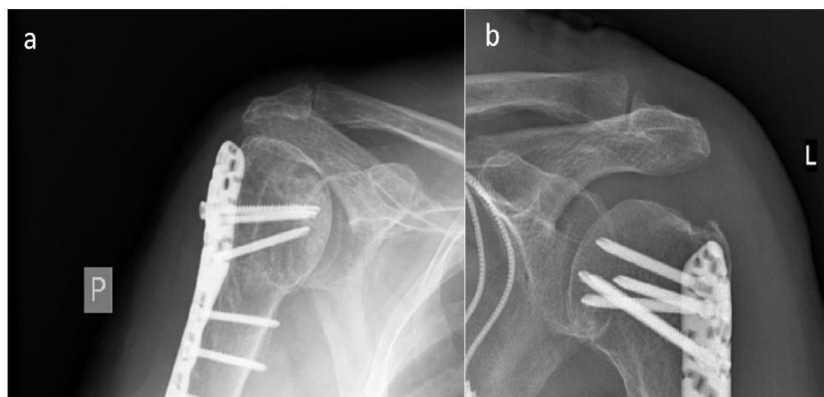


Ryc. 3. Wielofragmentowe złamanie końca bliższego kości ramiennej lewej: obraz Rtg (a) i TK w płaszczyźnie czołowej (b)  
Fig. 3. Comminuted fracture of the left proximal humerus on x-ray (a) and CT (coronal plane, b)



Ryc. 4. Pooperacyjny obraz Rtglewego stawu ramiennego w maksymalnej rotacji zewnętrznej (a), w ustawieniu pośrednim (b) i rotacji wewnętrznej (c)

Fig. 4. Postoperative x-ray of the left shoulder at maximal external rotation (a), in an intermediate position (b) and in internal rotation (c)



Ryc. 5. Ostateczny obraz Rtg stawów ramiennych prawego (a) prawego po usunięciu interponujących wkrętów i (b) lewego. Widoczny praktycznie anatomiczny kształt bliższych końców kości ramiennych

Fig. 5. The final x-ray of the (a) right shoulder after removal of the interposition screws and (b) left shoulder. Practically anatomical shape of the humeral heads can be seen

kości ramiennej lewej (i tym samym w 52. miesiącu po złamaniu końca bliższego kości ramiennej prawej) poddając analizie zarówno obraz radiologiczny bliższych końców obu (prawej i lewej) kości ramiennych, zgłaszane przez chorą dolegliwości bólowe i ograniczenia wykonywania czynności ruchowych dnia codziennego jak i zakres ruchomości biernej i czynnej obu stawów ramiennych i obręczy obu kończyn górnych. Analogiczną ocenę wykonano w 24. (64) i 30. (70) miesiącu po złamaniu lewej (w nawiasach – prawej) kończyny (Ryc. 5).

W ocenie posłużono się pomiarami zakresu ruchomości stawu ramiennego w stopniach oraz funkcjonalnymi skalami Constanta (Constant Shoulder Score) i QuickDash porównując wynik leczenia obu stawów ramiennych [3].

## WYNIKI

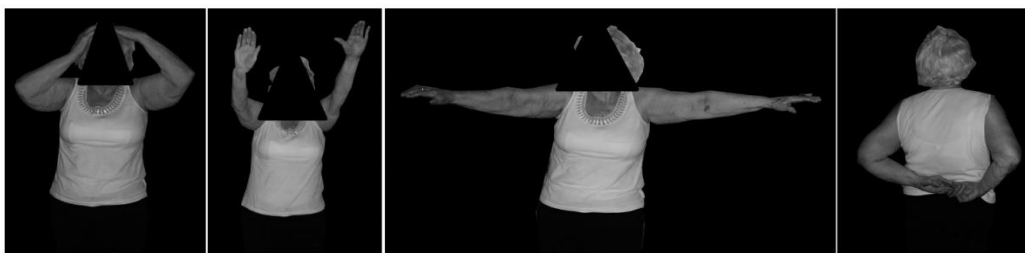
W trakcie kontroli chora negowała dolegliwości bólowe i ograniczenia zakresu ruchu stawów ramiennych, które wpływałyby negatywnie na wydolność narządu ruchu w stopniu ograniczającym lub uniemożliwiającym wykonywanie czynności dnia codziennego i samoobsługi. Wynik leczenia chora określała jako bardzo dobry.

W badaniu przedmiotowym stwierdzano deficyt odwiedzenia prawego stawu ramiennego ok. 20 stopni kompensowany ruchem w stawie łopatkowo-żebrowym, pozostający praktycznie bez zmian przez kolejne 18 miesięcy obserwacji. Zakres odwiedzenia wynosił odpowiednio 50 (150) po stronie prawej i 70 (170) stopni po stronie lewej (podano wartości od-

## RESULTS

During the follow-up visits, the patient denied pain and limitation of the range of movement or function of the shoulders that would limit limb function in everyday activities and self-care. The patient described the result of the treatment as excellent.

Physical examination showed flexion and abduction deficits in the right shoulder of approximately 20 degrees; those deficits were compensated for by the mobility of the scapula. These findings remained practically unchanged during the following 18 months of follow-up. Abduction was estimated at 50 (150) and 70 (170) degrees, respectively, for the right and left shoulders (figures in brackets are ranges of abduction of the limb). Analogically, flexion at the right



Ryc. 6. Ostateczny funkcjonalny wynik leczenia – obraz kliniczny zakresu ruchomości obręczy barkowych

Fig. 6. The final functional outcome of the treatment. Note a satisfactory range of motion of both shoulder girdles with a slightly reduced range of motion on the right

wiedzenia stawu ramiennego; w nawiasach – obręczy kończyny górnej). Deficyt zgięcia obręczy prawej kończyny górnej wynosił ok. 20 stopni. Wyprost i ruchy rotacyjne obu stawów ramiennych pozostawały dla obu stawów ramiennych praktycznie symetryczne (Ryc. 6). Również siła mięśniowa obu kończyn była symetryczna. Badaniem przedmiotowym nie wykazano istotnych różnic w sprawności obręczy kończyn górnych począwszy od 12. miesiąca po zabiegu pomimo kontynuowania przez chorą usprawniania pod kierunkiem doświadczonego fizjoterapeuty.

Wykonane w projekcji AP radiogramy wykazały wzrost kostny w prawie anatomicznym obustronnie odtworzeniu struktury anatomicznej bliższych końców kości ramiennej (Ryc. 5). W ocenie funkcjonalnej chora uzyskała 87 (kończyna prawa) oraz 89 (kończyna lewa) punktów w skali Constanta i 6.8 punktów dla obu kończyn w skali QuickDash.

## DYSKUSJA

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie odległych skutków prześrubowania głowy kości ramiennej na odległy, funkcjonalny wynik leczenia. Prześrubowanie było zamierzone i wynikało z braku możliwości uzyskania stabilnego zespolenia kluczewego dla powodzenia operacji odłamu kostnego zawierającego chrząstkę stawową głowy kości ramiennej z powodu jego niewielkiej grubości. Przedstawiony przypadek kliniczny umożliwia obserwację funkcjonalnych efektów leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższych końców kości ramiennej leczonych u tej samej chorej analogiczną metodą operacyjną, jednak z prześrubowaniem głowy kości ramiennej jedynie po jednej (prawej) stronie. Jego analiza daje zatem możliwość oceny stopnia zaburzeń funkcji stawu ramiennego po pierwotnym, głębokim wprowadzaniu wkrętów przez wszystkie warstwy głowy kości ramiennej z ich penetrowaniem jamy stawu ramiennego.

shoulder was reduced by 20 degrees when compared with the contralateral one, reaching values of 160 and 180 degrees respectively (Fig. 6). The strength of muscle contractions was symmetrical for both limbs.

Moreover, no significant changes in limb function or range of movement were noted between the follow-up assessments at 12 and 24/30 months after surgery, despite intensive rehabilitation.

Radiographs showed union of the bone fragments at nearly anatomical positions in both limbs (Fig. 5). Limb function was rated at 87 (right limb) and 89 (left limb) points according to the Constant score and 6.8 points for both limbs according to the QuickDash score.

## DISCUSSION

The aim of this study was to analyse the impact of over-screwing of the humeral head on shoulder function outcomes. The unique nature of the case, where the patient sustained a comminuted fracture of the right proximal humeral bone followed some time later by a corresponding fracture on the left, allowed for comparing limb function after over-screwing, which had to be performed on the right side only. The over-screwing was intentional and was due to an inability to stabilize a thin, articulated bone fragment. Divergent positioning of the screws reduced their conflict with the acetabulum, thus minimizing the adverse effects of the procedure.

The excellent clinical and radiological outcome, with near-anatomical restoration of the structure of the proximal humeral bones on both sides, satisfactory union confirmed on x-ray, and restoration of a satisfactory range of motion and function of the

Bardzo dobry ostateczny wynik leczenia (przywrócenie anatomicznej struktury bliższego końca kości ramiennej i zrost kostny potwierdzone w RTG, w pełni satysfakcjonujący zakres ruchomości stawu ramiennego i obręczy kończyny górnej oraz przywrócenie siły mięśniowej) wskazują na trafność wyboru metody leczenia i prawidłowe technicznie wykonanie zespolenia. Ponadto śladowy deficyt zakresu ruchomości stawu ramiennego (deficyt rzędu 20 stopni odwiedzenia i 10 stopni zgięcia obręczy kończyny górnej po prześrubowaniu głowy kości ramiennej) w porównaniu z w pełni fizjologicznym zakresem ruchu kończyny przeciwległej, w leczeniu złamania której nie było wymagane prześrubowanie głowy dobitnie świadczy o braku istotnego wpływu samego prześrubowania na ostateczny, funkcjonalny wynik leczenia. Oczywiście, przy spełnieniu dwóch wymienionych powyżej warunków, do których należą dbałość o rozbieżne (do przodu lub ku tyłowi od panewki łopatki) wprowadzanie wkrętów tak, aby przy maksymalnych rotacjach ramienia w jak najmniejszym stopniu wchodziły one w konflikt z kostną panewką łopatki, oraz intensywnie prowadzone w okresie pooperacyjnym usprawnianie pod kierunkiem doświadczonego terapeuty.

Przedstawione dane wskazują na niewielkie i praktycznie nieistotne ograniczenie zakresu ruchomości barku po wykonaniu prześrubowania. Tym bardziej, że trudno za to ograniczenie jednoznacznie obarczać jedynie sam fakt prześrubowania. Złamania końców bliższych obu kości ramiennych nie są bowiem w pełni porównywalne, o czym świadczy choćby konfiguracja odłamu zawierającego chrząstkę stawową głowy kości ramiennej, którego niewielka grubość wymuszała prześrubowanie. Wgajanie tego odłamu z następstwami procesów proliferacyjnych w postaci wytwarzania zrostów wewnątrzstawowych oraz nasilenie pourazowych zmian zwyrodnieniowych są niewątpliwie czynnikami negatywnie wpływającymi za funkcję stawu ramiennego. W ocenie należy również wziąć również pod uwagę, że pourazowe zmiany zwyrodnieniowe, których postęp nasila się z czasem, mogą być znacznie bardziej nasilone w obrębie prawego stawu ramiennego, gdyż złamanie w jego obrębie nastąpiło 3,5 roku wcześniej niż lewego. Stąd porównanie funkcji (zakresu ruchu) obu stawów ramiennych nie jest do końca jednoznaczne.

Niemniej jednak bardzo dobry funkcjonalny i radiologiczny wynik leczenia, potwierdzony praktycznie nieistotną różnicą punktową w skalach Quick-Dash (wynik jedynie 6,8 punktów dla obu kończyn) i Constanta (wyniki odpowiednio 87 i 89 punktów) pozwalają na stwierdzenie, że rozbieżne wprowadzanie wkrętów maksymalnie do przodu i do tyłu tak, aby nie wchodziły one w konflikt z panewką stawu ra-

shoulders prove that appropriately performed overscrewing does not impair limb function. Moreover, the finding of minor deficits in the range of motion of the joint (only ca. 20 degrees of abduction and flexion compared with the contralateral one), restoration of an almost physiological range of motion and subsequent restitution of limb function allows for rating the final result of the treatment as excellent. This rating reflects, in our opinion, the divergent positioning of the screws, which minimized their conflict with the acetabulum, and the well-designed and performed rehabilitation.

The observed deficits in flexion and abduction could not be the result of over-screwing alone. The two fractures are not fully comparable, as configuration of the fracture of the right humerus, where small thickness necessitated over-screwing, differed from the left humeral fracture. Moreover, cellular processes during fracture healing involving the surrounding soft tissues and the joint additionally limit the limb's function. Similarly, post-traumatic osteoarthritis, which corresponds to the severity of injury to the bone and surrounding tissue, undoubtedly has a negative effect on shoulder function. Additionally, the more marked deficits may also be partly associated with the longer follow-up, as the fracture of the right humerus was sustained 3.5 years before the left-sided fracture. Thus, the final reduction of postoperative joint mobility may not be related to over-screwing alone.

Nevertheless, the excellent functional and radiographic outcome of the treatment, demonstrated radiographically and confirmed with the QuickDash and Constant scores, suggests that a divergent insertion of screws, placed in the maximum anterior and posterior positions, produced a very small, practically insignificant, deficit in the shoulder range of motion. It should be also noted that a very late (70 months after stabilization) radiograph of the right, over-screwed humeral head revealed the presence of degenerative lesions. A causative influence of the over-screwing on this process is not obvious, as this process is most pronounced in areas not adjacent to the area of over-screwing (Fig. 7). The excellent end result obtained in this observation is all the more advantageous as comminuted fractures of the proximal humerus, especially in the elderly and bilateral, are extremely difficult to treat, with a high rate of complications resulting in an unsatisfactory final outcome [4,5]. Severe bone loss is a predisposing factor for comminuted fractures of the proximal humerus, which considerably limits the possibility of obtaining a stable fixation and prompts the consideration of other methods to increase fixation stability [6]. Some of them have been previously discussed in the Letter to the Editor of OTR [2].



Ryc. 7. Obraz późnych (70. miesiąc) zmian zwyrodnieniowych bliższego końca kości ramiennej prawej  
Fig. 7. Late (70 months post-surgery) osteoarthritic changes of the right proximal humeral head

miennego, w niewielkim stopniu upośledza funkcję stawu ramiennego. Należy przy tym zauważyć, że późne (70. miesiąc po stabilizacji) obrazy Rtg wskazują na rozwój zmian zwyrodnieniowych stawu ramiennego prawego, co wydaje się być bardziej spowodowane wielofragmentowym charakterem obrażeń niż faktem prześrubowania głowy kości ramiennej, gdyż obszary najsilniej wyrażonych zmian leżą poza strefą prześrubowania głowy kości ramiennej (Ryc. 7).

Uzyskany w niniejszej obserwacji bardzo dobry ostateczny wynik leczenia jest tym bardziej korzystny, że wielofragmentowe złamania końca bliższego kości ramiennej, zwłaszcza u chorych w zaawansowanym wieku i występujące obustronnie, są niezwykle trudne w leczeniu, a leczenie obciążone znacznym odsetkiem powikłań dając w efekcie bardzo często mało zadowalający wynik funkcjonalny [4,5]. Zaawansowany zanik kostny będący czynnikiem predysponującym do wielofragmentowych złamań końca bliższego kości ramiennej w znacznym stopniu ogranicza możliwość uzyskania stabilnego zespalenia odłamów będąc przyczyną poszukiwania metod zwiększania stabilności zespolenia [6]. Najczęściej stosowane metody zostały przez nas omówione w Liście do Redakcji [2].

In conclusion, this case report demonstrates that humeral head over-screwing is not associated with any significant limitations in limb function when performed according to the rules described above. This method provides for improved fixation stability and could be implemented in all those cases where an alternative method of implant stability improvement is not available.



Zastosowana w powyżej zaprezentowanym przypadku metoda zwiększania stabilności zespolenia z pewnością nie należy do najkorzystniejszych. Jej zastosowanie zostało podyktowane brakiem dostępności metod alternatywnych. W żadnym razie nie powinna być zatem traktowana jako metoda z wyboru. Jednak w wyjątkowych sytuacjach prześrubowanie głowy kości ramiennej rozbieżnie wprowadzanymi wkrętami może być zastosowane dla poprawy stabilności zespolenia nie wpływając w znaczący sposób na ostateczny, funkcjonalny wynik leczenia.

#### PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Szczęsny G, Ratajczak K, Fijewski G, Małyk P. Analiza niepowodzeń leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w materiale własnym. *Ortop Traumatol Rehabil* 2018; 4: 271-84.
2. Szczęsny G. Intentional “Over-Screwing” of Humeral Head to Improve Stability of Comminuted Fractures. *Ortop Traumatol Rehabil* 2018; 6: 507-10.
3. [www.orthopaedicscores.com](http://www.orthopaedicscores.com)
4. Königshausen M, Rausch V, Mempel E, et al. Bilateral Proximal Humerus Fracture – a Rare Combination with a High Complication Rate after Surgery. *Z OrthopUnfall* 2018; 156(6): 646-52.
5. Belayneh R, Lott A, Haglin J, Konda S, Zuckerman JD, Egol KA. Osteonecrosis after surgically repaired proximal humerus fractures is a predictor of poor outcomes. *J Orthop Trauma* 2018; 32(10): e387-e93.
6. Schliemann B, Wähnert D, Theisen C, et al. How to enhance the stability of locking plate fixation of proximal humerus fractures? An overview of current biomechanical and clinical data. *Injury* 2015; 46(7): 1207-14.

Liczba słów/Word count: 3950

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 7


Piśmiennictwo/References: 6

Adres do korespondencji / Address for correspondence  
Grzegorz Szczęsny, Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Warszawskiego  
Uniwersytetu Medycznego, Szpital Kliniczny Dzieciątka Jezus, Warszawa, ul. Lindleya 4  
tel: 501167475, e-mail: grzegorz.szczesny@wum.edu.pl

Otrzymano / Received 24.04.2019 r.  
Zaakceptowano / Accepted 25.06.2019 r.

Article

# Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates—Functional Results before and during the SARS-COVID-19 Pandemics

Karol Ratajczak <sup>1,\*</sup>, Grzegorz Szczesny <sup>1,\*</sup>  and Wiesław Tomaszewski <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Orthopedic Surgery and Traumatology, Medical University, 02-005 Warsaw, Poland

<sup>2</sup> ARS MEDICA Foundation for Medical Education and Promotion of Health, Art and Culture, 04-036 Warsaw, Poland

\* Correspondence: grzegorz.szczesny@wum.edu.pl; Tel.: +48-501-167-475

**Abstract:** *Background and Objectives:* Intramedullary nailing (IMN) and angularly stable plating (ASP) are the most popular techniques for the stabilization of comminuted fractures of the proximal humerus, without either one being obviously superior. The aim of the study was to validate the functional outcomes of both stabilization techniques in the COVID-19 pandemic by comparing them with data obtained just before the pandemic, because the limitations of the COVID-19 pandemic are affecting several aspects of social and medical life—being afraid of the transmission of the infection, patients reduce their exposure to healthcare to absolutely essential emergencies. Moreover, working conditions in the operating theater have also become more restrictive. *Materials and Methods:* Investigations were performed on 112 adult patients with Neer’s three- and four-fragment fractures stabilized with IMN (64) and ASP (48). Treatment effects were validated six months after surgery based on radiographs for evidence of bone union, humeral neck–shaft angle (NSA) and implant placement. Limb function was assessed with the QuickDash and Constant–Murley scores. Data obtained from patients treated in the COVID-19 pandemic were compared with those obtained before the pandemic. *Results:* The healing of all fractures was satisfactory, but complications developed in six cases. Three patients required secondary interventions due to inadequate repositioning: one after IMN and two after ASP. Additionally, one ASP was complicated by the secondary destabilization of a primarily properly stabilized major tubercle, and in two cases by conflict of the protruding implant with the acromion. ASP was noted to provide better functional results during the COVID-19 pandemic according to the Constant–Murley score ( $p = 0.0048$ ; Student’s  $t$ -test). No significant differences were observed in the pre-COVID-19 pandemic. *Conclusions:* Our results suggest that ASP is more beneficial for the stabilization of comminuted fractures of the proximal humerus during the COVID-19 pandemic.

**Keywords:** humeral fractures; fractures; comminuted; internal fixation; bone plate; intramedullary nailing



**Citation:** Ratajczak, K.; Szczesny, G.; Tomaszewski, W. Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates—Functional Results before and during the SARS-COVID-19 Pandemics. *Medicina* **2023**, *59*, 575. <https://doi.org/10.3390/medicina59030575>

Academic Editor: Vassilios S. Nikolaou

Received: 7 February 2023

Revised: 6 March 2023

Accepted: 13 March 2023

Published: 15 March 2023



**Copyright:** © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Fractures of the proximal humerus occur in patients at all ages, but their frequency increases with senescence [1]. In the population 65-years-old and older, this is the third most frequent fracture site [2], accounting for about 6% of all fractures [3,4] and reaching as much as 10% in the eighth decade of life [5]. They are also the third most common site of osteoporotic fractures. Since 1970, the incidence of these fractures has increased threefold [6]. By 2030, their presumed number may even triple due to the aging of the populations in developed countries [7].

Comminuted fractures of the proximal humerus may be complicated by dislocation of the shoulder and disruption of the surrounding soft tissues [8], including the joint

capsule, the ligaments that stabilize it, the surrounding muscles and tendons and even neurovascular bundles [9]. Thus, malunion, soft tissue fibrosis and brachial plexus palsy may affect limb function. Moreover, disruption of vasculature may impair blood supply, affecting bone union, thus promoting, in some cases, nonunion and avascular necrosis of the humeral head [10].

An optimal treatment method depends in each case on the type of fracture (the number of bone fragments, their displacement and concomitant shoulder dislocation) and patient-specific factors, such as the patient's expectations, his physical activity, the acceptance of the proposed treatment's method and the willingness to cooperate during the treatment and forthcoming rehabilitation. The final outcome also depends on the patient's health status, particularly on severe concomitant systemic burdens that make surgical treatment problematic and even dangerous, such as cardiovascular and respiratory failures, uncontrolled diabetes, severe liver or kidney insufficiencies, acute pancreatitis, neoplasms and many others. Nondisplaced or minimally displaced fractures may be successfully managed with conservative treatment. The treatment consists in limb immobilization in Dessault's sling for an appropriately long period of time, usually three weeks. Plaster casts are nowadays not recommended due to the lack of comfort during the treatment. Immobilization should not exceed three weeks, as longer timelines increase the risk of shoulder contractures.

Displaced fractures and fractures accompanied with dislocations require joint reduction and anatomical, or as much close to anatomical as possible, reduction of bone fragments with their appropriate fixation. However, a growing number of patients prefer surgical treatment even in nondisplaced or only minimally displaced fractures. This usually occurs in young, physically, professionally and socially active patients whose physical activity is high. These patients appreciate the benefits of surgical stabilization that provides restoration of limb's functionality without the need of long-lasting immobilization, much easier and faster rehabilitation and a considerably lower risk of contractures and muscle atrophy. These factors, however, are not dominant in middle-aged and elderly patients. In this particular group of patients, general health status and severe comorbid diseases limit the possibility of surgical intervention. Moreover, the activity of these patients is considerably lower, which corresponds to resulting lower expectations. Thus, in summary, in older patients, indications for surgical treatment are not so obvious. Under several circumstances, the benefits coming from anatomical bone reduction do not counterbalance the risk of aggravation of severe comorbidities, especially when persistent disease of the musculoskeletal system, i.e., advanced osteoarthritis, does not allow to fully restore the limb's functionality.

In several studies, no functional differences between operative and conservative treatments have been noticed at the distant observations, proving that the indications for surgical intervention in this particular group of patients are questionable. It is estimated that, according to Neer's classification, more than 89% of fractures are not displaced, and thus should be treated conservatively [11–13]. Still, when they are displaced, operative intervention is justified, as stabilization enables faster rehabilitation, preserving limb function [14,15]. If stabilization is impossible or, for some reason, unsuitable, there is a rationale for replacing the broken elements with artificial ones (hemiarthroplasty or reverse shoulder arthroplasty) [16]. Nevertheless, osteosynthesis remains the preferred surgical method of treatment, as it preserves anatomical structures and provides for better long-term results. A consensus on which types of fractures should be stabilized and which should be replaced is still under debate [17,18].

Nowadays, comminuted fractures are preferably fixed with intramedullary nails (IMNs) or angularly stable plates (ASPs). The former is considered to be more durable, faster and technically simpler, but the second, owing to a wider surgical approach, simplifies repositioning, thus enabling anatomical restoration of the shape of the broken bone [19]. Both have advantages and disadvantages that impact on final results. Neither seems to be superior over another [20]. Obviously, the restoration of anatomical structures improves

healing and thus should result in better limb functionality. However, forthcoming enhanced scarring impairs the shoulder's mobility, requiring intensive rehabilitation.

The limitations of the COVID-19 pandemic are affecting several aspects of social life. Afraid of transmission of the infection, patients reduce their exposure to healthcare to absolutely essential emergencies. In consequence, access to physiotherapy has decreased rapidly, adversely affecting the final functional outcomes of the surgical treatment. Moreover, several restrictions were also introduced into medical facilities, interfering with patients' interpersonal contacts with medical staff at the hospital, outpatient clinic and physiotherapy.

The first case of SARS-CoV-2 infection was registered in Poland on 4 March 2020, and the million mark was reached on 1 December. The rapid spread of the infection disrupted several aspects of social life, supported by legislative countermeasures (the first on 2 March 2020) that focused on constraining dissemination of the virus, including lockdowns, closures of educational, cultural and public institutions, and limitations in public transport and trade. Misinformation spreading through social and mass media led to social tensions resulting in the limitation of interpersonal contacts to those absolutely essential. In consequence, contacts with medical facilities declined, as some facilities were temporarily closed. Patients also reduced their contacts with health professionals to an absolute minimum of their own accord. Unfortunately, physiotherapy happened to be among the most affected medical specialties. As a consequence, reduced accessibility to physiotherapy affected the outcomes of orthopedic treatment.

The sequelae of a SARS-CoV-2 infection should not be ignored. According to the latest discoveries, SARS-CoV-2 complications include avascular bone necrosis (AVN), which, if missed, may lead to negative outcomes and bone collapse [21].

The aim of the study was to validate the functional outcome of stabilization of comminuted fractures of the proximal humerus with IMN and ASP in the COVID-19 pandemic in comparison to those obtained just before the onset of pandemic.

## 2. Materials and Methods

Retrospective investigations were performed on adult patients who underwent stabilizations with IMN or ASP for comminuted (Neer's three- and four-fragment [22]) fractures of the proximal humerus between 1 March 2020 and 30 June 2021 (COVID-19 group), comparing them with data obtained before the onset of the COVID-19 pandemic, namely, between 1 January 2017 and 30 September 2019 (reference, pre-COVID-19 group). The follow-up period, including postoperative physiotherapy of up to six months, had to be completed before 1 March 2020 (pre-COVID-19 group) and 31 December 2021 (COVID-19 group).

Ultimately, 112 patients met the above criteria and agreed to participate in the study, including 68 women and 44 men aged 25–86 years ( $66.7 \pm 14.0$  years; mean and SD). In the vast majority, the fractures were a consequence of low-energy injuries. Neither age nor sex had any effect on the treatment outcome—they were statistically insignificant.

Intramedullary nailing was performed in 64 cases using CHARFIX2 (ChM, Juchnowiec Kościelny, Poland) or Expert (DePuy Synthes, Oberdorf, Switzerland) nails, and plate fixation in 48 cases using either Philos (DePuy Synthes, Oberdorf, Switzerland) or ChM 5.0 (ChM, Juchnowiec Kościelny, Poland) systems.

The pre-COVID-19 group consisted of 41 patients who had undergone stabilization with IMN and 23 who had ASP stabilization. The COVID-19 group consisted of 17 patients with IMN and 31 with ASP.

On admission, the configuration of the bone fragments was analyzed based on radiographic images in standard anteroposterior (AP) and scapular Y views, and, in selected cases, determined precisely on CT scans. After the surgery, the limbs were immobilized in a Dessault brace for three weeks and subsequently aggressively mobilized under the supervision of an experienced physiotherapist. Each patient received a detailed rehabilitation protocol, which contained not only the information for the physiotherapist, but also the set of exercises enabling the patient to perform physiotherapy at home. Rehabilitation

under the supervision of an experienced physiotherapist is, of course, crucial, but properly selected and safe exercises at home allows to speed up and facilitate the recovery process. Patients had the opportunity to contact the investigation team during the study, including an additional follow-up visits and telephone consultations. As far as possible, we also tried to improve patients' access to physiotherapy, connecting them directly with therapists and staying in touch during the process of rehabilitation.

Postoperative shoulder rehabilitation must be conducted very carefully. Treatment efficacy depends on the extent of the injury, subsequent periarticular tissue scarring, the efforts of the physiotherapist and the patient's compliance during the rehabilitation process. The main goal is to restore the physiological mobility of the shoulder, muscle strength and motor coordination that are necessary for full limb functional recovery. To satisfy, the patient has to trust the physiotherapist and has to believe that the treatment will be effective. Only then will be willing to cooperate during the treatment. Unfortunately, even under the best circumstances, complete commitment of the rehabilitation team in the physiotherapy, and excellent patient compliance, full restoration of the limb's functionality to that from before the injury could not be assured.

The fracture leaves behind less or more pronounced disability.

Intensity of the physiotherapy has to be adjusted to the patient's abilities and expectations, as well as to the stability of the fracture's fixation. Poor bone quality, usually resulting from severe osteoporosis, high risk of the disturbances of fracture healing and simply the lack of patient compliance may result in the postponement of the decision to begin rehabilitation. In consequence, the risk of shoulder contractures increases. It is important to avoid limb immobilization in a plaster cast or orthosis for more than three weeks.

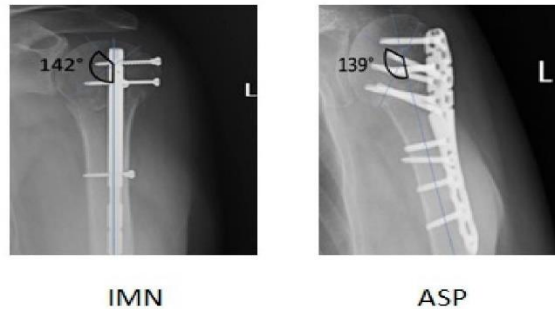
Physiotherapy should begin as soon as the limb's immobilization has been removed. The most favorable time is between the fourth and the ninth postoperative week. Initially, rehabilitation includes passive exercises, with passive-active exercises and active isometric, concentric and eccentric exercises added as limb function improves. The process of rehabilitation should be carefully monitored to avoid complications that may develop in cases where rehabilitation starts too early or is too intensive. These complications may include the loss of fracture's stability, the implant's loosening or additional, secondary bone fracture, as well as disturbances in the fracture healing.

The postoperative rehabilitation regime includes has three stages:

- Stage 1 (first 3 weeks)
  - Immobilization with no weight-bearing on the operated limb (using a sling).
  - Initiation of pendulum exercises.
  - Assisted passive movement.
  - Avoiding external rotation for the first 6 weeks.
- Stage 2 (3rd–9th week; may be implemented provided that there are no fracture healing abnormalities or secondary fragment displacement on radiographic images)
  - Assisted active exercises (flexion and abduction in the shoulder joint).
  - Careful active movements with limb abduction until pain occurs, with no weight-bearing at first, then gradually increasing loads after the 6th week.
- Stage 3 (from 9th week)
  - Isotonic, concentric and eccentric exercises.
  - In patients with normal radiographic bone union progression and with a shoulder joint contracture
  - Passive stretching performed by an experienced physiotherapist.

Results were assessed at 6 weeks, 3 months and 6 months postsurgery during follow-up visits. At each follow-up visit, radiographs were obtained in standard AP and Y views. Radiological evaluation was based on bone union, implant placement and the humeral neck–shaft angle (NSA) [23] (Figure 1). Limb function was assessed and assigned to an

appropriate group according to the QuickDash (QuickDASH uses 11 items to measure physical function and symptoms in people with any or multiple musculoskeletal disorders of the upper limb) and Constant–Murley scores (a summative scale that provides a global score based on weighted measures of physical impairments in range-of-motion (ROM) and strength along with patient-reported pain and activity limitation (Constant and Murley, 1987)) [24–26].



**Figure 1.** The NSA was measured at the intersection of a line vertical to the anatomic neck and a line parallel to the long axis of the humeral shaft (N = 135° ± 10°) on AP view.

The data are presented as means and standard deviations (SDs). Statistical analysis was performed by a professional statistician using the Student’s *t*-test and Shapiro–Wilk test, as well as multivariate analysis of variance data from specialized software (IBM SPSS Statistics 27, New York, USA). Differences were considered significant at *p* < 0.05.

In this retrospective study, all patients gave their written consent.

The study was approved by a local Ethical Committee (AKBE/77/2022).

### 3. Results

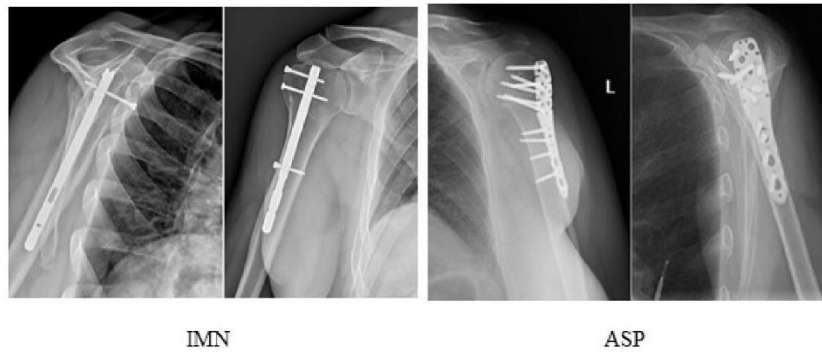
In all patients, follow-up radiographs showed satisfactory healing of bone fractures and, consequently, advanced bone union at the follow-up visit at 6 months postoperatively (Figure 2). Based on the follow-up radiographs, satisfactory results were recorded in 45 out of the 48 patients (93.8%) who had undergone ASP stabilization and in 61 out of the 64 patients (95.3%) stabilized with IMN. Unsatisfactory stabilization was noted in six cases only (5.4%), including three patients from the ASP group (6.3%) and three from the IMN group (4.7%). Of the one hundred and twelve patients analyzed, three (2.7%) required secondary interventions due to inadequate repositioning of the bone fragments, including one (0.9%) in the IMN group and two (1.8%) in the ASP group. Additionally, in one case (0.9%), plate fixation was complicated by secondary destabilization of a primarily properly stabilized major tubercle, and in two cases (1.8%), final results were complicated by a conflict of the implant with the acromion on account of a protruding IMN. There were no cases of infection in the study group (Table 1).

**Table 1.** Radiographic outcomes of stabilizations, including complications (nonunion, implant protrusion and inadequate humeral neck–shaft angle (NSA)).

	Satisfactory	Nonunion	Implant Protrusion	NSA < 125° or >145°
IMN	61/64 (95.3%)	0 (0%)	2 (3.1%)	1 (1.6%)
ASP	45/48 (93.8%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (6.2%)

Limb function analyzed according to the QuickDASH and Constant–Murley scales showed slightly better results (lower values) after the IMN compared to the ASP in the pre-COVID-19 group, although the differences were not statistically significant. Nevertheless,

the ASP appeared to provide better functional results than the IMN during the COVID-19 pandemic, and these differences were significant according to the Constant–Murley score ( $p = 0.0048$ ; Student’s  $t$ -test) (Table 2). Good and excellent results were recorded in 73.4% (30/41) and 85.4% (35/41) patients after the IMN and 94.1% (16/17) and 94.1% (16/17) patients after the ASP in pre-COVID-19 group, according to the QuickDash and Constant–Murley scales, respectively. In the COVID-19 group, these values reached 87.0% (20/23) and 78.3% (18/23), and 93.5% (29/31) and 93.5% (29/31), respectively (Table 3). Analysis of the radiographs revealed implant protrusion in two cases after IMN and an inadequate humeral neck–shaft angle in four cases (one after IMN and three after ASP) (Table 1).



**Figure 2.** Radiographs of the shoulder at the 6th postoperative month after stabilization with IMN and ASP.

**Table 2.** QuickDash and Constant–Murley scores at 6 months after intramedullary nailing (IMN) and angularly stable plate fixation (ASP), shown as means  $\pm$  SD in the pre-COVID-19 and COVID-19 groups. (\*)  $p = 0.0048$ ; Student’s  $t$ -test.

Group	Scores	IMN	ASP
Pre-COVID-19	QuickDash	41.7 $\pm$ 19.0	37.9 $\pm$ 9.5
	Constant–Murley	14.6 $\pm$ 5.2	11.9 $\pm$ 6.1
COVID-19	QuickDash	43.3 $\pm$ 12.5	39.2 $\pm$ 11.6
	Constant–Murley	15.8 $\pm$ 5.5	12.9 $\pm$ 5.0 (*)

**Table 3.** Functional outcomes of IMN and ASP in the pre-COVID-19 and COVID-19 groups according to the QuickDash and Constant–Murley scores.

IMN	Pre-COVID-19 (n = 41)				COVID-19 (n = 23)			
	Excellent	Good	Fair	Poor	Excellent	Good	Fair	Poor
Quick-Dash	12 (29.5%)	18 (43.9%)	10 (24.4%)	1 (2.4%)	2 (8.7%)	18 (78.3%)	3 (13.0%)	0
Constant–Murley	9 (22.0%)	26 (63.4%)	6 (14.6%)	0	4 (17.4%)	14 (60.9%)	5 (21.7%)	0
ASP	Pre-COVID-19 (n = 17)				COVID-19 (n = 31)			
	Excellent	Good	Fair	Poor	Excellent	Good	Fair	Poor
Quick-Dash	3 (17.7%)	13 (76.5%)	1 (4.4%)	0	5 (16.1%)	24 (77.4%)	2 (6.5%)	0
Constant–Murley	7 (30.4%)	9 (52.9%)	1 (4.4%)	0	14 (45.2%)	15 (48.4%)	2 (6.5%)	0

#### 4. Discussion

Our study showed superior functional results after the ASP compared to IMN during the COVID-19 pandemic at 6 months postoperatively. Interestingly, both methods of fracture stabilization performed by the same operative team revealed no differences in the pre-COVID-19 era, pointing to the factor responsible for this observation. Analyzing our

procedures, we came to the conclusion that this observation could be explained by the limited accessibility of physiotherapy during the COVID-19 pandemic, which influenced the final treatment outcomes. Neither stabilization is known to be superior to the other one, as both produce comparable long-term outcomes [27]. Nevertheless, even though the ASP provides for better early functional outcomes, most probably due to more precise restoration of the humeral anatomy [28], this is offset in longer time-frames by faster convalescence and restoration of limb function after IMN [19].

In our study, more ASP stabilizations than IMN procedures were performed during the COVID-19 pandemic. In comparison to the pre-COVID-19 era, the percentage of stabilizations performed with the former method increased from 22.3% to 68.5%. Since every procedure was decided on individually, taking into account the details of a particular case and circumstances, this could be explained by easier stabilization during the COVID-19 pandemic, when procedures had to be performed under a special sanitary (virological) regime. Put simply, ASP, due to its greater ability to restore shoulder anatomy and higher stability of the anastomosis, reduces the risk of secondary interventions due to inadequate stabilization. Moreover, stabilization is possible with minimal use of intraoperative radiographs or even without this guidance, thus reducing the personnel in the operating room (at least less a radiology technician) and solving problems related to the need to decontaminate electronic devices. It is also of value since limited access to postoperative physiotherapy due to COVID-19 restrictions made plate fixations more suitable for limb mobilization under the minimal monitoring of the therapist, including telerehabilitation, or even without it [29,30].

ASP and IMN have dominated the stabilization techniques of the fractures of the proximal humerus, becoming the “gold standard” for these particular types of injuries. Both produce comparable results, as several meta-analyses have concluded that it is impossible to ascertain which one is better [31]. Nevertheless, IMN is associated with lower risk of intraoperative bleeding and rate of infections, shorter surgical time and faster healing of the fracture. It also gives practically identical final therapeutic effects, as the stability, restoration of anatomical structures, range of motion and pain intensity are comparable with those after ASP. Moreover, no significant differences in the number of reoperations, rates of impingement syndrome, delayed union and implant loosening were noted between the two methods [32].

Despite the development of complications in six patients, including three from the ASP group and three from the IMN group, a poor final functional result was recorded in only one case. This could be explained by lower expectations of elderly people (the mean age of the patients in our study was 66 years) compared to younger ones, and a high ability of the shoulder to offset the limitations of its range of motion with scapular mobility [33]. Thus, despite indisputable imperfections in fracture stabilizations, in the vast majority of the patients with complications (five out of six cases), they had no impact on joint mobility in everyday life.

In our study, there were no cases of AVN, presumably due to early surgery, which has been previously shown to significantly decrease the risk of AVN. However, the latest studies showed a close association with SARS-CoV-2 infection [21].

SARS-CoV-2 increases the risk of thromboembolic complications, both due to the formation of intravascular microthrombi [34,35] and in consequence of steroid administration during treatment [36]. Potentially, vascular disturbances may also affect bone union [37]. Furthermore, SARS-CoV-2 infection causes an increase in inflammatory cytokines such as C-X-C motif-chemokine 10 (CXCL10), interferon gamma (IFN- $\gamma$ ), interleukins (ILs) 1 beta, 6, 8 and 17, and tumor necrosis factor alpha (TNF- $\alpha$ ), resulting in bone mineral loss, osteonecrosis and chondrolysis [38].

## 5. Conclusions

Both ASP and IMN procedures for proximal humerus fractures can achieve satisfactory functional results on long-term follow-up assessment.



Despite the good results of the surgical treatment in both groups, the final results suggest that, compared to IMN, ASP may be a better choice in the treatment of proximal humerus fractures during the COVID-19 pandemic.

Limited contact of patients with doctors and physiotherapists during the COVID-19 pandemic had a significant impact on the final results of the treatment.

**Author Contributions:** Conceptualization, K.R. and G.S.; methodology K.R. and G.S.; software, K.R.; validation, K.R. and G.S.; formal analysis, K.R.; investigation, K.R.; resources, K.R. and G.S.; data curation, K.R. and G.S.; writing—original draft preparation, K.R. and G.S.; writing—review and editing K.R., G.S. and W.T.; visualization, K.R.; supervision, G.S.; project administration, G.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** The study was approved by a local Ethical Committee (AKBE/77/2022)—21 February 2022.

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** The data obtained in this study are presented in the manuscript. Raw data are available on request from the corresponding author.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Passaretti, D.; Candela, V.; Sessa, P.; Gumina, S. Epidemiology of proximal humeral fractures: A detailed survey of 711 patients in a metropolitan area. *J. Shoulder Elb. Surg.* **2017**, *26*, 2117–2124. [[CrossRef](#)]
2. Launonen, A.P.; Lepola, V.; Saranko, A.; Flinkkilä, T.; Laitinen, M.; Mattila, V.M. Epidemiology of proximal humerus fractures. *Arch. Osteoporos.* **2015**, *10*, 209. [[CrossRef](#)]
3. Schumaier, A.; Grawe, B. Proximal Humerus Fractures: Evaluation and Management in the Elderly Patient. *Geriatr. Orthop. Surg. Rehabil.* **2018**, *9*, 2151458517750516. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Bhandari, M.; Matthys, G.; McKee, M.D. Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. Four part fractures of the proximal humerus. *J. Orthop. Trauma.* **2004**, *18*, 126–127. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Court-Brown, C.M.; Caesar, B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury* **2006**, *37*, 691–697. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Okike, K.; Lee, O.C.; Mekanji, H.; Harris, M.B.; Vrahas, M.S. Factors associated with the decision for operative versus non-operative treatment of displaced proximal humerus fractures in the elderly. *Injury* **2013**, *44*, 448–455. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Palvanen, M.; Kannus, P.; Niemi, S.; Parkkari, J. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **2006**, *442*, 87–92. [[CrossRef](#)]
8. Vachtsevanos, L.; Hayden, L.; Desai, A.S.; Dramis, A. Management of proximal humerus fractures in adults. *World J. Orthop.* **2014**, *5*, 685–693. [[CrossRef](#)]
9. Westphal, T.; Woischnik, S.; Adolf, D.; Feistner, H.; Piatek, S. Axillary nerve lesions after open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures through an extended lateral deltoid-split approach: Electrophysiological findings. *J. Shoulder Elb. Surg.* **2017**, *26*, 464–471. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Ratajczak, K.; Szczygły, G.; Małydyk, P. Comminuted fractures of the proximal humerus—principles of the diagnosis, treatment and rehabilitation. *Ortop. Traumatol. Rehabil.* **2019**, *21*, 77–93. [[CrossRef](#)]
11. Cadet, E.R.; Yin, B.; Schulz, B.; Ahmad, C.S.; Rosenwasser, M.P. Proximal humerus and humeral shaft nonunions. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* **2013**, *21*, 538–547. [[CrossRef](#)]
12. Murena, L.; Canton, G.; Ratti, C.; Hoxhaj, B.; Giraldo, G.; Surace, M.F.; Grassi, F.A. Indications and results of osteosynthesis for proximal humerus fragility fractures in elderly patients. *Orthop. Rev.* **2020**, *12*, 8559. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Kruihof, R.N.; Formijne Jonkers, H.A.; van der Ven, D.J.C.; van Olden, G.D.J.; Timmers, T.K. Functional and quality of life outcome after non-operatively managed proximal humeral fractures. *J. Orthop. Traumatol.* **2017**, *18*, 423–430. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Iannotti, J.P.; Ramsey, M.L.; Williams, G.R., Jr.; Warner, J.J. Nonprosthetic management of proximal humeral fractures. *Instr. Course Lect.* **2004**, *53*, 403–416. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Beks, R.B.; Ochen, Y.; Frima, H.; Smeeing, D.P.; van der Meijden, O.; Timmers, T.K.; van der Velde, D.; van Heijl, M.; Leenen, L.P.; Groenwold, R.H.; et al. Operative versus nonoperative treatment of proximal humeral fractures: A systematic review, meta-analysis, and comparison of observational studies and randomized controlled trials. *J. Shoulder Elb. Surg.* **2018**, *27*, 1526–1534. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Sebastia-Forcada, E.; Lizaur-Utrilla, A.; Mahiques-Segura, G.; Ruiz-Lozano, M.; Lopez-Prats, F.A.; Alonso-Montero, C. Prospective comparison of functional outcomes of primary reverse shoulder arthroplasty for acute fractures versus rotator cuff deficiencies. *Bone Joint J.* **2020**, *102–B*, 1555–1559. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

17. Solberg, B.D.; Moon, C.N.; Franco, D.P.; Paiement, G.D. Locked plating of 3- and 4-part proximal humerus fractures in older patients: The effect of initial fracture pattern on outcome. *J. Orthop. Trauma* **2009**, *23*, 113–119. [[CrossRef](#)]
18. Cecere, A.B.; Toro, G.; De Cicco, A.; Braile, A.; Paoletta, M.; Iolascon, G.; Panni, A.S. How to improve the outcomes of surgically treated proximal humeral osteoporotic fractures? A narrative review. *Orthop. Rev.* **2020**, *12*, 8529. [[CrossRef](#)]
19. Li, M.; Wang, Y.; Zhang, Y.; Yang, M.; Zhang, P.; Jiang, B. Intramedullary nail versus locking plate for treatment of proximal humeral fractures: A meta-analysis based on 1384 individuals. *J. Int. Med. Res.* **2018**, *46*, 4363–4376. [[CrossRef](#)]
20. Song, H.; He, T.; Guo, H.M.Y.; Li, Z.Y.; Wei, M.; Zhang, C.; Dong, Y.Q. Locking Plates versus Locking Intramedullary Nails Fixation of Proximal Humeral Fractures Involving the Humeral Shaft: A Retrospective Cohort Study. *Med. Sci. Monit.* **2020**, *26*, e922598. [[CrossRef](#)]
21. Namiranian, P.; Razavi, S.Z.E.; Karimi, M.; Ayati, M.H. Avascular Necrosis in Patients Recovering from COVID-19. *Am. J. Med. Sci.* **2021**, *362*, 331–332. [[CrossRef](#)]
22. Sidor, M.L.; Zuckerman, J.D.; Lyon, T.; Koval, K.; Cuomo, F.; Schoenberg, N. The Neer classification system for proximal humeral fractures. An assessment of interobserver reliability and intraobserver reproducibility. *J. Bone Joint Surg. Am.* **1993**, *75*, 1745–1750. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Jia, X.Y.; Chen, Y.X.; Qiang, M.F.; Zhang, K.; Li, H.B.; Jiang, Y.C.; Zhang, Y.J. Postoperative Evaluation of Reduction Loss in Proximal Humeral Fractures: A Comparison of Plain Radiographs and Computed Tomography. *Orthop. Surg.* **2017**, *9*, 167–173. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Budtz, C.R.; Andersen, J.H.; de Vos Andersen, N.B.; Christiansen, D.H. Responsiveness and minimal important change for the quick-DASH in patients with shoulder disorders. *Health Qual. Life Outcomes* **2018**, *16*, 226. [[CrossRef](#)]
25. Aasheim, T.; Finsen, V. The DASH and the QuickDASH instruments. Normative values in the general population in Norway. *J. Hand Surg. Eur. Vol.* **2014**, *39*, 140–144. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Vrotsou, K.; Ávila, M.; Machón, M.; Mateo-Abad, M.; Pardo, Y.; Garin, O.; Zaror, C.; González, N.; Escobar, A.; Cuéllar, R. Constant-Murley Score: Systematic review and standardized evaluation in different shoulder pathologies. *Qual. Life Res.* **2018**, *27*, 2217–2226. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Zhu, Y.; Lu, Y.; Shen, J.; Zhang, J.; Jiang, C. Locking intramedullary nails and locking plates in the treatment of two-part proximal humeral surgical neck fractures: A prospective randomized trial with a minimum of three years of follow-up. *J. Bone Joint Surg. Am.* **2011**, *93*, 159–168. [[CrossRef](#)]
28. Gracitelli, M.E.; Malavolta, E.A.; Assunção, J.H.; Kojima, K.E.; dos Reis, P.R.; Silva, J.S.; Neto, A.A.F.; Hernandez, A.J. Locking intramedullary nails compared with locking plates for two- and three-part proximal humeral surgical neck fractures: A randomized controlled trial. *J. Shoulder Elb. Surg.* **2016**, *25*, 695–703. [[CrossRef](#)]
29. Tousignant, M.; Giguère, A.M.; Morin, M.; Pelletier, J.; Sheehy, A.; Cabana, F. In-home telerehabilitation for proximal humerus fractures: A pilot study. *Int. J. Telerehabilitation* **2015**, *6*, 31–37. [[CrossRef](#)]
30. Menendez, M.E.; Jawa, A.; Haas, D.A.; Warner, J.J.P.; Codman Shoulder Society. Orthopedic surgery post COVID-19: An opportunity for innovation and transformation. *J. Shoulder Elb. Surg.* **2020**, *29*, 1083–1086. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Sun, Q.; Ge, W.; Li, G.; Wu, J.; Lu, G.; Cai, M.; Li, S. Locking plates versus intramedullary nails in the management of displaced proximal humeral fractures: A systematic review and meta-analysis. *Int. Orthop.* **2018**, *42*, 641–650. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Shi, X.; Liu, H.; Xing, R.; Mei, W.; Zhang, L.; Ding, L.; Huang, Z.; Wang, P. Effect of intramedullary nail and locking plate in the treatment of proximal humerus fracture: An update systematic review and meta-analysis. *J. Orthop. Surg Res.* **2019**, *14*, 285. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Chang, L.R.; Anand, P.; Varacallo, M. Anatomy, Shoulder and Upper Limb, Glenohumeral Joint. In *StatPearls*; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA, 2022.
34. Siddiqi, H.K.; Libby, P.; Ridker, P.M. COVID-19—A vascular disease. *Trends Cardiovasc Med.* **2021**, *31*, 1–5. [[CrossRef](#)]
35. Vishwajeet, V.; Purohit, A.; Kumar, D.; Parag, V.; Tripathi, S.; Kanchan, T.; Kothari, N.; Dutt, N.; Elhence, P.A.; Bhatia, P.K.; et al. Evaluation of Pathological Findings of COVID-19 by Minimally Invasive Autopsies: A Single Tertiary Care Center Experience from India. *J. Lab. Physicians* **2021**, *13*, 97–106. [[CrossRef](#)]
36. Agarwala, S.R.; Vijayvargiya, M.; Pandey, P. Avascular necrosis as a part of ‘long COVID-19’. *BMJ Case Rep.* **2021**, *14*, e242101. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Dunkerley, S.; Thelwall, C.; Omiawe, J.; Smith, A.; Deo, S.; Lowdon, I. Patient care modifications and hospital regulations during the COVID-19 crisis created inequality and functional hazard for patients with orthopaedic trauma. *Int. Orthop.* **2020**, *44*, 2481–2485. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Disser, N.P.; De Micheli, A.J.; Schonk, M.M.; Konnaris, M.A.; Piacentini, A.N.; Edon, D.L.; Toresdahl, B.G.; Rodeo, S.A.; Casey, E.K.; Mendias, C.L. Musculoskeletal Consequences of COVID-19. *J. Bone Jt. Surg. Am.* **2020**, *102*, 1197–1204. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

**Disclaimer/Publisher's Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

## Niestabilne złamania masywu guzka większego kości ramiennej. Opis przypadku

### Unstable Fractures of the Greater Tubercle of the Humerus. A Case Report

Karol Ratajczak<sup>(A,B,D,E,F)</sup>, Grzegorz Szczęsny<sup>(A,B,D,E)</sup>

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa  
Department of Orthopedic Surgery and Traumatology, Medical University, Warsaw, Poland

#### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki stabilizacji szwami wchłanialnymi niestabilnego, wieloodłamowego złamania guzka większego kości ramiennej, które stwierdzono bezpośrednio po zespoleniu wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej gwoździem rekonstrukcyjnym. Na to nietypowe postępowanie zdecydowano się, stwierdzając anatomiczne odtworzenia ustawienia odłamów głowy kości ramiennej i wydolność mechaniczną wykonanego zespolenia śródszpikowego.

Zespolenia dokonano poszerzając dostęp operacyjny i kotwicząc szwy wchłanialne obszywające niestabilne fragmenty guzka większego w otworach trepanacyjnych w trzonie kości ramiennej. Uzyskano anatomiczne ustawienie odłamów, które dodatkowo wzmocniono wkrętami blokującymi gwoźdź w odcinku proksymalnym. Po zabiegu staw ramienny unieruchomiono na 3 tygodnie w ortezie Dessaulte'a, po czym go intensywnie usprawniano. Ostatecznej oceny wyników leczenia dokonano w rok po złamaniu na podstawie subiektywnej oceny chorego i oceny zakresu ruchomości stawu. Analizie poddano jakość zrostu kostnego i stopień repozycji odłamów kostnych w badaniu Rtg a także funkcjonalną wydolność kończyny przy użyciu skal Constanta-Murleya i QuickDash.

Uzyskano bardzo dobry wynik leczenia, tj. pełny zrost kostny w anatomicznym ustawieniu odłamów, brak dolegliwości bólowych oraz przywrócenie fizjologicznego zakresu ruchomości stawu.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że doszycie niestabilnych fragmentów kostnych guzka większego kości ramiennej szwami wchłanialnymi pozwala uzyskać zadowalającą ich repozycję i stabilizację po zespoleniu gwoździem śródszpikowym, co może być alternatywą dla konwersji zespolenia ze śródszpikowego na płytkowe w przypadkach analogicznych do opisanego powyżej.

**Słowa kluczowe:** złamania, kość ramienna, leczenie operacyjne, wyniki

#### SUMMARY

The paper presents the results of stabilization of an unstable, comminuted fracture of the greater tubercle with absorbable sutures after fixation of a comminuted fracture of the proximal humerus with a reconstructive nail. This unusual procedure was performed upon ascertaining an anatomical reconstruction of the humeral head fragments and mechanical efficiency of the intramedullary nail fixation.

Stabilization was performed with absorbable sutures through an extended surgical approach that allowed anchoring the unstable fragments of the greater tubercle to the shaft. The resulting anatomical positioning was additionally reinforced with screws locking the nail in its proximal end. After the procedure, a Dessault orthosis was used for 3 weeks, with intensive rehabilitation afterwards. A final assessment was made one year after the injury. It was based on the patient's subjective feelings, the quality of bone union and fragment repositioning, estimated range of motion and limb function with Constant-Murley and QuickDash scores.

An excellent treatment result was obtained. The anatomical position and shoulder function was fully restored. The patient reported no pain and no limb dysfunction.

Based on these results we concluded that an open reduction and suturing of the unstable bone fragments of the greater tubercle with absorbable sutures allows anatomical repositioning and sufficient stabilization after intramedullary nailing. It may serve as an alternative to the conversion from intramedullary nailing to plate fixation in cases similar to ours.

**Key words:** fractures, humeral bone, surgery, outcomes

## WSTĘP

Wielofragmentowe złamania bliższego końca kości ramiennej są złamaniami, w których najlepsze wyniki dają stabilizacje przy użyciu gwoździ śródszpikowych blokowanych i płytek kątowno-stabilnych [1]. Obie metody pozwalają uzyskać porównywalne wyniki odległe, choć każda z nich ma swoje wady i zalety [2]. Przewagą stabilizacji śródszpikowej jest zdecydowanie mniejsza traumatyzacja tkanek miękkich (niewielkie, w zasadzie punktowe dostępy operacyjne), wadą – niewielki wgląd w pole operacyjne utrudniający pełną repozycję złamania [3]. Płytki kątowno – stabilne, zakładane w bardziej rozległym dostępie operacyjnym, dają większą, niż stabilizacja śródszpikowa, możliwość anatomicznego zreponowania odłamów, niemniej rozległy dostęp operacyjny prowadzi do większego bliznowacenia tkanek, wymagając dłuższego usprawniania chorego [4].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie procesu leczenia chorego z wielofragmentowym złamaniem końca bliższego kości ramiennej, u którego w trakcie zabiegu zespalania gwoździem śródszpikowym rekonstrukcyjnym stwierdzono rozkawałkowanie guzka większego. U chorego zdecydowano się na rozszerzenie dostępu operacyjnego umożliwiającego dożycie fragmentów guzka szwami wchłaniającymi koztwicznymi w trzonie kości ramiennej, uzyskując zadowalający wynik postępowania operacyjnego.

## OPIS PRZYPADKU

Chory lat 57 doznał izolowanego, wysokoenergetycznego urazu barku prawego w wyniku upadku ze schodów po pociągnięciu przez psa. W wykonanym Rtg stwierdzono wielofragmentowe, według klasyfikacji Neer'a [5], złamanie końca bliższego kości ramiennej (Ryc. 1). Zakwalifikowano chorego do stabilizacji przy użyciu gwoźdźcia śródszpikowego rekonstrukcyjnego. Zabieg wykonano metodą TELEGRAPH (FH Ortho, Francja) w znieczuleniu ogólnym dotchawiczym z dodatkową blokadą splotu ramiennego.

Po rozwierceniu jamy szpikowej i wprowadzeniu gwoźdźcia do jamy szpikowej stwierdzono rozkawałkowanie oraz przemieszczenie odwodzeniowe guzka większego kości ramiennej. Do powyższego rozkawałkowania doszło najprawdopodobniej w wyniku manewrów wbijania gwoźdźcia. Fragmenty guzka okazały się być niestabilne i nie poddawały się próbom repozycji na zamknięto pod kontrolą Rtg-tv. Mając do wyboru konwersję zespolenia (tj. usunięcie gwoźdźcia śródszpikowego i stabilizację płytkową) lub dożycie guzka wybrano to drugie postępowanie. Poszerzono zabieg operacyjny, przedłużając cięcie wyko-

## BACKGROUND

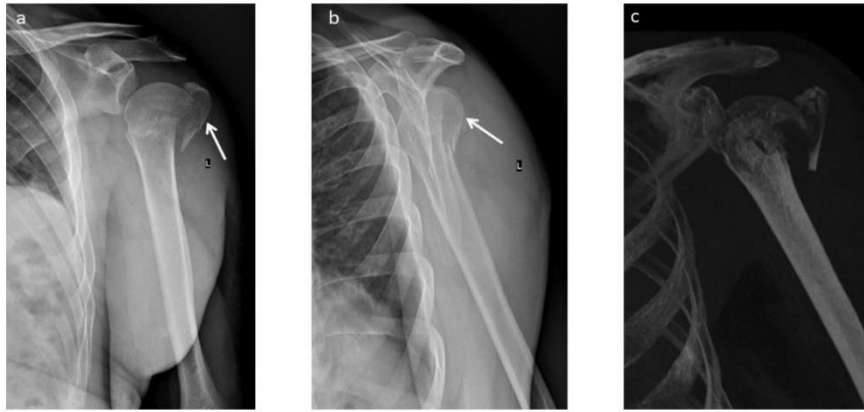
Comminuted fractures of the proximal end of the humerus are fractures in which the best results are achieved with intramedullary locking nail and angle-stable plate stabilization [1]. Both methods produce comparable long-term results, although both have their advantages and disadvantages [2]. An undeniable advantage of intramedullary stabilization is less soft tissue traumatization (thanks to the use of very small, nearly punctate surgical approaches), and a disadvantage is the very limited exposure of the operating field, which makes fracture repositioning difficult [3]. Angular-stable plates demand a more extensive surgical approach, offering better chances of anatomical reposition of fragments compared to intramedullary stabilization. On the other hand, the extensive surgical approach leads to greater tissue scarring with subsequent longer rehabilitation of the patient [4].

The aim of this paper is to present the process of treatment of a patient with a comminuted fracture of the proximal end of the humerus who was noted to have fragmentation of the greater tubercle during fixation with an intramedullary reconstructive nail. The decision to extend the surgical approach was taken to enable suturing fragments of the greater tubercle with absorbable sutures anchored in the diaphysis of the humerus, with a satisfactory result of the surgical procedure.

## CASE REPORT

A 57-year-old patient suffered an isolated high-energy injury of the right shoulder as a result of falling down stairs after being pulled by a dog. An X-ray showed a comminuted fracture of the proximal end of the humerus (Fig. 1) according to Neer's classification [5]. The patient was qualified for stabilization using a reconstructive intramedullary nail. The procedure was performed using the TELEGRAPH method (FH Ortho, France) under general endotracheal anesthesia with additional brachial plexus blockade.

After reaming the medullary cavity and inserting the nail into the medullary cavity, fragmentation and abduction displacement of the greater tubercle of the humerus were noted. The comminution was most likely the result of nail driving manoeuvres. The fragments of the greater tubercle proved to be unstable and repositioning attempts under X-ray guidance were ineffective. Two operative options were available, namely, conversion of the fixation (i.e. removal of the intramedullary nail followed by plate fixation) and suturing of the tubercle. The operators chose the second option. The surgical procedure was extended inferiorly over approx. 5 cm by enlarging the incision



Ryc. 1. Rtg przedoperacyjne barku lewego w projekcjach AP i Y (a i b) oraz przedoperacyjne TK (c)  
Fig. 1. Preoperative X-ray of the left shoulder in AP and Y projections (a and b) and preoperative CT scan (c)

nane dla wprowadzenia gwoźdźcia śródszpikowego pionowo w dół o ok. 5 cm. Uzyskano tym samym dostęp do guzka, zlokalizowano fragmenty guzka i odświeżono ich powierzchnie ranne anatomicznie, reponując i stabilizując korekcję szwami wchłanialnymi (Vicryl nr 0) kotwiczonymi w kanałach kostnych w trzonie kości ramiennej. Po dodatkowym wprowadzeniu wkretów blokujących proksymalny odcinek gwoźdźcia, zespolenie okazało się być stabilne, a ustawienie odłamów – anatomiczne.

Złamanie docieczano, unieruchamiając kończynę w ortezie Dessaulta przez 3 tygodnie. Następnie rozpoczęto intensywne usprawnianie chorego pod kierunkiem doświadczonego fizjoterapeuty. Zastosowano unieruchamianie kończyny w ortezie między ćwiczeniami. Ze względu na stabilizację guzka większe ćwiczenia odwodzenia w stawie ramiennym przeprowadzane były ze szczególną ostrożnością, a unieruchamianie w ortezie przedłużono do siódmego tygodnia po zabiegu. Chorego kontrolowano ambulatoryjnie w drugim tygodniu po operacji, a następnie po 4, 6, 12 i 24 tygodniach, przeprowadzając ostateczną ocenę wyników leczenia po roku od złamania.

## WYNIKI

W wykonywanych zdjęciach Rtg stwierdzono prawidłowo postępujący proces gojenia złamania w anatomicznym ustawieniu odłamów kostnych, z fizjologicznym kątem szyjkowo-nasadowym (NSA=142°) (Ryc. 2). Ostateczna ocena radiologiczna (dotycząca obecności zrostu kostnego, stopnia anatomicznego odtworzenia kąta nasadowo-trzonowego) i ocena funkcjonalna z wykorzystaniem formularzy Constanta-

made to insert the intramedullary nail. Thus, access to the greater tubercle was obtained, and fragments of the tubercle were located, debrided, reduced and stabilized with absorbable sutures (Vicryl No. 0) anchored in bone canals in the humeral diaphysis. After additional insertion of screws locking the proximal section of the nail, the fixation was recognized as stable, and the setting of the fragments as anatomical.

After the operation the patient was treated by immobilization of the limb in a Dessault brace for 3 weeks. Intensive rehabilitation of the patient followed under the guidance of an experienced physiotherapist. The limb was immobilized in the brace between exercises. With the greater tubercle stabilized with sutures, abduction exercises in the shoulder joint were carried out with particular care, and immobilization in the orthosis was prolonged to the seventh week after the procedure. The patient attended follow-up visits at the clinic during the second postoperative week, and later at 4, 6, 12 and 24 weeks, with a final evaluation of the treatment results one year after the fracture.

## RESULTS

Radiographs showed physiological progressive fracture healing in the anatomical position of the bone fragments, with the neck-shaft angle in the physiological range (NSA=142°) (Fig. 2). The final radiological assessment (concerning the presence of bone union and the degree of anatomical restoration of the epiphyseal angle) and functional assessment using the Constant-Murley and QuickDash forms



Ryc. 2. Rtg pooperacyjne – stabilizacja śródszpikowa gwoździem rekonstrukcyjnym z anatomiczną repozycją odłamów kostnych w projekcji AP (a), Y (b) oraz prawidłowym kątem szyjkowo-trzonowym (NSA = 142°) (c)

Fig. 2. Postoperative X-ray – intramedullary stabilization with a reconstructive nail with anatomical repositioning of bone fragments on AP (a) and Y (b) view and normal-range neck-shaft angle (NSA = 142°) (c)

Murleya i QuickDash przeprowadzona w 12. miesiącu po złamaniu wykazały bardzo dobry wynik końcowy leczenia.

Chory negował występowanie dolegliwości bólowych oraz ograniczeń ruchomości barku przy wykonywaniu czynności dnia codziennego. Chory ocenił wynik leczenia jako bardzo dobry. W badaniu przedmiotowym nie stwierdzono różnic zakresu ruchomości stawu ramiennego w porównaniu z kończyną przeciwną (Ryc.3), a w badaniu dynamicznym – konfliktu podbarkowego.

performed at 12 months after the fracture demonstrated an excellent final treatment result.

The patient denied pain and any limitations in shoulder mobility when performing everyday activities. The patient assessed the treatment result as very good.

A physical examination revealed no difference in the range of motion of the shoulder joint compared to that of the opposite limb (Fig. 3), and a dynamic examination found no evidence of subacromial conflict.



Ryc. 3. Wynik funkcjonalny leczenia – fizjologiczny zakres ruchomości obręczy barkowej porównywalny ze stroną przeciwną. Od lewej: zgięcie, odwodzenie, rotacja wewnętrzna, rotacja zewnętrzna

Fig. 3. Functional outcome of the treatment - physiological range of motion of the shoulder girdle comparable to the contralateral shoulder. Left to right: flexion, abduction, internal rotation, external rotation



Ryc. 4. Obraz Rtg stawu ramiennego w 12. miesiącu po złamaniu w projekcji AP (a) i Y (b)  
Fig. 4. X-ray appearance of the shoulder joint 12 months after fracture on AP (a) and Y (b) views

W kontrolnych Rtg stwierdzono całkowity zrost kostny (Ryc. 4).

W ocenie funkcjonalnej uzyskano 94 i 96 punktów w skali Constanta-Murleya (kończyna operowana i przeciwna) oraz 4,5 punkta w skali Quick-Dash, co pozwoliło na określenie wyniku leczenia jako bardzo dobrego.

### DISKUSJA

Celem niniejszej pracy było przedstawienie procesu leczenia chorego z wielofragmentowym złamaniem końca bliższego kości ramiennej, u którego ze względu na niestabilne przemieszczenie i rozkawałkowanie guzka większego kości ramiennej w trakcie wprowadzania gwoźdźcia śródszpikowego trzeba było zmodyfikować technikę operacyjną. Śródoperacyjnie, mając do wyboru wymianę zespolenia śródszpikowego (konwersję) na zespolenie płytkowe lub doszycie guzka większego, wybrano to drugie rozwiązanie. Zabieg wykonano po poszerzeniu dostępu operacyjnego, zespalając odłamy pętlami szwów wchłaniających kotwiczonych w trzonie kości ramiennej. Z powodu obecności gwoźdźcia śródszpikowego, dla uniknięcia konfliktu materiału zespalającego, nie zdecydowano się na zespolenie wkrętami kostnymi. W opisanym przypadku postępowanie to okazało się korzystne. Uzyskana anatomiczna repozycja i zespolenie na tyle stabilne, że umożliwiło utrzymanie odłamów w pożądanym ustawieniu do czasu wystąpienia zrostu kostnego, skutkowało zrostem kostnym w pra-

Follow-up radiographs showed complete bone union (Fig. 4).

Functional assessment was performed, with Constant-Murley scores of 94 and 96 (operated and contralateral limbs, respectively) and a QuickDash score of 4.5, which allowed the treatment result to be described as very good.

### DISCUSSION

The aim of this study was to present the process of treatment of a patient with a comminuted fracture of the proximal end of the humerus in whom the surgical technique of intramedullary nailing had to be modified intraoperatively due to unstable displacement and fragmentation of the greater tubercle of the humerus. Intraoperatively, given the choice of replacing the intramedullary anastomosis (conversion) with a plate anastomosis or suturing the greater tubercle, the second solution was chosen. The procedure was performed after extending the surgical approach to join the fragments with loops of absorbable sutures anchored in the diaphysis of the humerus. To avoid conflict of the implant, bone screw fixation was rejected due to the presence of an intramedullary nail. This procedure was found to be beneficial in our patient. The resultant anatomical reposition and fixation were stable enough to keep the fragments in the desired position until bone union occurred, resulting in bone union in the physiological position and complete recovery of mobility of the limb.

widlowym ustawieniu oraz powrotem pełnej sprawności ruchowej kończyny.

W dostępnej literaturze opisane są techniki mało-inwazyjnej repozycji i stabilizacji przemieszczonego guzka większego kości ramiennej. Jednak w każdym z tych artykułów opisywany jest przypadek izolowanych, awulsyjnych złamań guzka większego [6,7,8]. W naszym przypadku złamanie guzka większego jest składową złamania wielofragmentowego. Zazwyczaj złamania wielofragmentowe końca bliższego kości ramiennej z przemieszczonym złamaniem guzka większego kwalifikowane są do otwartej repozycji i stabilizacji wewnętrzną płytą kątowno-stabilną [9]. Jednak, jak wykazano w niniejszej pracy, dobry efekt można również uzyskać łącząc stabilizację gwoździem śródszpikowym z dodatkową, mało-inwazyjną stabilizacją przemieszczonego guzka większego pętlami szwu wchłanialnego.

### PODSUMOWANIE

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdziliśmy, że doszycie niestabilnych fragmentów kostnych guzka większego kości ramiennej szwami wchłanialnymi pozwala uzyskać zadowalającą ich repozycję i stabilizację po zespoleniu gwoździem śródszpikowym, co może być alternatywą dla konwersji zespolenia ze śródszpikowego na płytkowe w przypadkach analogicznych do opisanego w powyższej pracy.

The existing literature contains descriptions of techniques of minimally invasive repositioning and stabilization of the displaced greater tubercle of the humerus. However, all of these reports describe cases of isolated avulsion fractures of the greater tubercle [6,7,8]. In our patient, a fracture of the greater tubercle was a component of a comminuted fracture. Comminuted fractures of the proximal end of the humerus with a displaced fracture of the greater tubercle are frequently qualified for open reduction and internal stabilization with an angle-stable plate [9]. However, as shown in this study, a good effect may also be obtained by combining intramedullary nailing with additional, minimally invasive stabilization of the displaced greater tubercle with absorbable suture loops.

### CONCLUSION

Our case report shows that suturing unstable bone fragments of the greater humeral tubercle with absorbable sutures allows for their satisfactory repositioning and stabilization after intramedullary nailing. This may be an alternative to the conversion of intramedullary nailing to plate fixation in cases similar to ours.

### PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Li M, Wang Y, Zhang Y, Yang M, Zhang P, Jiang B. Intramedullary nail versus locking plate for treatment of proximal humeral fractures: a meta-analysis based on 1384 individuals. *J Int Med Res* 2018; 46(11): 4363-76.
2. Shi X, Liu H, Xing R, et al. Effect of intramedullary nail and locking plate in the treatment of proximal humerus fracture: an update systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res* 2019; 14(1): 285.
3. Song H, He T, Guo HY, et al. Locking plates versus locking intramedullary nails fixation of proximal humeral fractures involving the humeral shaft: a retrospective cohort study. *Med Sci Monit* 2020; 26: e922598.
4. Kavuri V, Bowden B, Kumar N, Cerynik D. Complications associated with locking plate of proximal humerus fractures. *Indian J Orthop* 2018; 52(2): 108-16.
5. Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. Part I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg* 1970; 52(6): 1077-89.
6. Kong LP, Yang JJ, Wang F, Liu FX, Yang YL. Minimally invasive open reduction of greater tuberosity fractures by a modified suture bridge procedure. *World J Clin Cases* 2022; 10(1): 117-27.
7. Bhatia DN, van Rooyen KS, du Toit DF, de Beer JF. Surgical treatment of comminuted, displaced fractures of the greater tuberosity of the proximal humerus: a new technique of double-row suture-anchor fixation and long-term results. *Injury* 2006; 37(10): 946-52.
8. Rouleau DM, Mutch J, Laflamme GY. Surgical treatment of displaced greater tuberosity fractures of the humerus. *J Am Acad Orthop Surg* 2016; 24(1): 46-56.
9. Yadav AK, Gawhale S, Panchal S, Akshay KS, Mohanty T. Combined greater and lesser tuberosity fracture of proximal humerus with intact humeral head and shaft - a case report. *J Orthop Case Rep* 2022; 12(1): 34-7.

Karol Ratajczak – ORCID: 0000-0001-8727-3287

Grzegorz Szczęsny – ORCID: 0000-0001-7710-4164

Liczba słów/Word count: 2679

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 4

Piśmiennictwo/References: 9

Adres do korespondencji / Address for correspondence  
Karol Ratajczak  
ul. Lindleya 4, 02-005, Warszawa  
tel: 665-302-168, e-mail: krl.ratajczak@gmail.com

Otrzymano / Received 11.04.2023 r.  
Zaakceptowano / Accepted 01.05.2023 r.



#### 4. Podsumowanie i wnioski

U wszystkich chorych zdjęcia rentgenowskie wykazały zadowalające gojenie się złamań kości i zaawansowany zrost kostny podczas wizyty kontrolnej w szóstym miesiącu od operacji. Na podstawie kontrolnych zdjęć rentgenowskich zadowalające wyniki uzyskano w 45 przypadkach spośród 48 pacjentów (93,8%), u których wykonano stabilizację ASP oraz u 61 z 64 pacjentów (95,3%) stabilizowanych za pomocą IMN. Niezadowalającą stabilizację odnotowano tylko w sześciu przypadkach (5,4%), w tym trzech pacjentów z grupy ASP (6,3%) i trzech z IMN grupa (4,7%). Spośród stu dwunastu analizowanych pacjentów reoperacja była wymagana tylko w 3 przypadkach (2,7%) z powodu nieprawidłowej repozycji odłamów, w tym jeden (0,9%) w grupie IMN i dwóch (1,8%) w grupie ASP. Dodatkowo w jednym przypadku (0,9%) stabilizacja płytką była powikłana wtórną destabilizacją pierwotnie prawidłowo ustabilizowanego guzka większego, a w dwóch przypadkach (1,8%) doszło do konfliktu implantu z wyrostkiem barkowym z powodu wystającego IMN. Nie było przypadków infekcji w badanej grupie.

##### 1) Analiza dla badanych operowanych przed pandemią.

Tabela 1

*Wyniki testu U Mann-Whitney'a, porównującego wyniki QDASH i skalę Constanta-Murley'a w zależności od techniki operacyjnej, u osób operowanych przed pandemią COVID-19*

	Osteosynteza śródszpikowa (n = 41)			Osteosynteza płytkowa (n = 17)			Z	p	η <sup>2</sup>
	M	Me	SD	M	Me	SD			
QDASH	41,69	45,45	18,97	37,97	38,64	9,50	-0,80	0,421	0,01
Constant-Murley'a	14,63	14,00	5,17	11,94	11,00	6,09	-1,66	0,097	0,05

Analiza wykazała brak występowania istotnych statystycznie różnic między grupami. Wskazuje to, że osoby operowane przed pandemią COVID-19 osiągnęły podobne wyniki w zakresie QDASH i skali Constanta-Murley'a bez względu na zastosowaną u nich technikę operacyjną.

- 2) Analiza pacjentów, u których zastosowano osteosyntezę śródszpikową i płytkową, które operowane były już w trakcie pandemii COVID-19.

Tabela 2

*Wyniki testu t-Studenta dla prób niezależnych, porównującego wyniki QDASH i skalę Constanta-Murley'a w zależności od techniki operacyjnej, u osób operowanych w trakcie pandemii COVID-19*

	Osteosynteza śródszpikowa (n = 23)		Osteosynteza płytkowa (n = 31)		t	p	95% CI		d Cohena
	M	SD	M	SD			LL	UL	
QDASH	43,28	12,53	39,22	11,56	1,23	0,224	-2,56	10,67	0,34
Constanta-Murley'a	15,83	5,54	12,90	5,04	2,02	<b>0,048</b>	0,02	5,82	0,56

Analiza wykazała występowanie istotnej statystycznie różnicy pomiędzy grupami w zakresie skali Constanta-Murley'a. Osoby, u których wykonano osteosyntezę śródszpikową uzyskały średnio wyższy wynik na tej skali w porównaniu do pacjentów, u których przeprowadzona została osteosynteza płytkowa. Obserwowana różnica była umiarkowana. W przypadku QDASH wyniki analizy były nieistotne statystycznie, co wskazuje, że osoby w obu grupach uzyskały zbliżone do siebie wyniki w tym zakresie.

Podsumowując, zarówno procedury ASP, jak i IMN w przypadku złamań bliższego końca kości ramiennej przynoszą zadowalające wyniki funkcjonalne w długoterminowej ocenie kontrolnej. Pomimo dobrych wyników leczenia operacyjnego w obu grupach, wyniki końcowe sugerują, że w porównaniu z IMN, ASP może być lepszym wyborem w leczeniu bliższego odcinka złamań kości ramiennej podczas pandemii COVID-19.

Ograniczony kontakt pacjentów z lekarzami i fizjoterapeutami w okresie COVID-19 miał istotny wpływ na końcowe wyniki leczenia.

## 5. Piśmiennictwo

- [1] Passaretti D, Candela V, Sessa P and Gumina S. Epidemiology of proximal humeral fractures: a detailed survey of 711 patients in a metropolitan area. *Shoulder Elbow Surg* 2017;26(12):2117-24.
- [2] Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: a review. *Injury* 2006;37:691-7.
- [3] Schumaier A, Grawe B. Proximal Humerus Fractures: Evaluation and Management in the Elderly Patient. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* 2018 ;9:1-11.
- [4] Court-Brown C, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury, Int. J. Care Injured* 2006;37:691-7.
- [5] Frima H, Houwert RM, Beks RB, van Heijl M, van der Velde D, Beeres FJP. Proximale humerusfracturen [Proximal humerus fractures; conservative or surgical treatment?]. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2019 Jan 3;163:D3096. Dutch. PMID: 30638000.
- [6] Hengg C, Nijs S, Klopfer T, Jaeger M, Platz A, Pohlemann T, Babst R, Franke J, Kralinger F. Cement augmentation of the proximal humerus internal locking system in elderly patients: a multicenter randomized controlled trial. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019 Jul;139(7):927-942. doi: 10.1007/s00402-019-03142-6. Epub 2019 Feb 25. PMID: 30805708; PMCID: PMC6570671.
- [7] Miltenberg B, Masood R, Katsiaunis A, Moverman MA, Puzitiello RN, Pagani NR, Menendez ME, Salzler MJ, Drager J. Fracture dislocations of the proximal humerus treated with open reduction and internal fixation: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* 2022 Oct;31(10):e480-e489.
- [8] Hwang RW, Bae DS, Waters PM. Brachial plexus palsy following proximal humerus fracture in patients who are skeletally immature. *J Orthop Trauma.* 2008 Apr;22(4):286-90.
- [9] Chu SP, Kelsey JL, Keegan TH, Sternfeld B, Prill M, Quesenberry CP, Sidney S. Risk factors for proximal humerus fracture. *Am J Epidemiol.* 2004 Aug 15;160(4):360-7.
- [10] Kim DM, Park D, Kim H, Lee ES, Shin MJ, Jeon IH, Koh KH. Risk Factors for Severe Proximal Humerus Fracture and Correlation Between Deltoid Tuberosity Index and Bone Mineral Density. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2020 Jul 6;11:2151459320938571.
- [11] Wilson LA, Gooding BW, Manning PA, Wallace WA, Geoghegan JM. Risk factors and predictors of mortality for proximal humeral fractures. *Shoulder Elbow.* 2014 Apr;6(2):95-9.
- [12] Huyke-Hernández FA, Only AJ, Nguyen AS, Onizuka N, Switzer JA. Low-energy suspiciously open proximal humerus fracture management in older adult patient: A case report. *Trauma Case Rep.* 2022 Aug 1;41:100686.
- [13] Walters JM, Ahmadi S. High-Energy Proximal Humerus Fractures in Geriatric Patients: A Review. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2020 Dec 10;11:2151459320971568.
- [14] Wiesler ER, Smith AM, Shilt JS. Humeral head fracture-dislocation into the thoracic outlet: case report and review of the literature. *J Shoulder Elbow Surg.* 2004 Sep-Oct;13(5):576-9.
- [15] Toepfer A, Lenze U, Pohlig F, Eisenhart-Rothe Rv, Gerdesmeyer L, Kirchhoff C, Harrasser N. Pathologische Frakturen des Humerus: Erfahrungen an 76 Fällen eines muskuloskeletalen Tumorzentrums [Pathological Fractures of the Humerus: Experience with 76 Cases in a Musculoskeletal Oncology Centre]. *Z Orthop Unfall.* 2016 Aug;154(4):364-9. German.

- [16] Rudran B, Little C, Duff A, Poon H, Tang Q. Proximal humerus fractures: anatomy, diagnosis and management. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2022 Jul 2;83(7):1-10.
- [17] Ohl X, Mangin P, Barbe C, Brun V, Nerot C, Sirveaux F. Analysis of four-fragment fractures of the proximal humerus: the interest of 2D and 3D imagery and inter- and intra-observer reproducibility. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2017 Apr;27(3):295-299.
- [18] Hinson, J.A. (2015). *Anatomy and Classification of Proximal Humerus Fractures*. In: Crosby, L., Neviasser, R. (eds) *Proximal Humerus Fractures*. Springer, Cham.
- [19] Bianchi S, Prato N, Martinoli C, Derchi LE. *Shoulder Radiography*. In: Davies AM, Hodler J. *Imaging of the shoulder: techniques and applications*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag; 2003.
- [20] Jia, X.Y.; Chen, Y.X.; Qiang, M.F.; Zhang, K.; Li, H.B.; Jiang, Y.C.; Zhang, Y.J. Postoperative Evaluation of Reduction Loss in Proximal Humeral Fractures: A Comparison of Plain Radiographs and Computed Tomography. *Orthop. Surg.* **2017**, *9*, 167–173.
- [21] Bloom MH, Obata WG. Diagnosis of posterior dislocation of the shoulder with use of Velpeau axillary and angle-up roentgenographic views. *J Bone Joint Surg Am*. 1967 Jul;49(5):943-9. PMID: 6029262.
- [22] Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. Part I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg*. 1970;52(6):1077–89.
- [23] Salter RB, Harris WR. Injuries Involving the Epiphyseal Plate. *J Bone Joint Surg Am* 1963;45:587-622.
- [24] Martinez-Catalan N. Conservative Treatment of Proximal Humerus Fractures: When, How, and What to Expect. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2023 Feb;16(2):75-84.
- [25] Handoll HH, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Nov 11;(11):CD000434.
- [26] Jo MJ, Gardner MJ. Proximal humerus fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2012 Sep;5(3):192-8.
- [27] Koval KJ, Blair B, Takei R, Kummer FJ, Zuckerman JD. Surgical neck fractures of the proximal humerus: a laboratory evaluation of ten fixation techniques. *J Trauma*. 1996 May;40(5):778-83.
- [28] Boileau P, d'Ollonne T, Bessièrè C, Wilson A, Clavert P, Hatzidakis AM, Chelli M. Displaced humeral surgical neck fractures: classification and results of third-generation percutaneous intramedullary nailing. *J Shoulder Elbow Surg*. 2019 Feb;28(2):276-287.
- [29] Smejkal K, Lochman P, Dědek T, Trlica J, Kočí J, Zvák I. Operační léčba zlomenin proximálního humeru [Surgical treatment for proximal humerus fracture]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2011;78(4):321-7. Czech.
- [30] Gupta AK, Harris JD, Erickson BJ, Abrams GD, Bruce B, McCormick F, Nicholson GP, Romeo AA. Surgical management of complex proximal humerus fractures—a systematic review of 92 studies including 4500 patients. *J Orthop Trauma*. 2015 Jan;29(1):54-9.
- [31] Pavone V, Vescio A, Denaro R, Costa D, Condorelli G, Caruso VF, Sessa G, Testa G. Use of different devices for surgical treatment of proximal humerus fractures in adults: a systematic review. *Acta Biomed*. 2021 Sep 2;92(4):e2021198.
- [32] Gardner MJ, Voos JE, Wanich T, Helfet DL, Lorich DG. Vascular implications of minimally invasive plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 2006; 20: 602–607

- [33] Piątkowski K, Kwiatkowski K, Piekarczyk P, Przybycień M, Zaborowski D. Outcome of comminuted proximal humerus fracture treatment with locking compression plate. *Pol Orthop Traumatol.* 2013 Nov 15;78:239-46.
- [34] Dietrich M, Wasmer M, Platz A, Spross C. Return-to-Work Following Open Reduction and Internal Fixation of Proximal Humerus Fractures. *Open Orthop J.* 2014 Sep 15;8:281-7.
- [35] Handoll HHG, Brorson S. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database of Systematic reviews* 2015;11: Art.No.: CD000434.
- [36] White EA, Skalski MR, Patel DB, Gross JS, Tomasian A, Heckmann N, Matcuk GR Jr. Isolated greater tuberosity fractures of the proximal humerus: anatomy, injury patterns, multimodality imaging, and approach to management. *Emerg Radiol.* 2018 Jun;25(3):235-246.
- [37] Carrera EF, Matsumoto MH, Netto NA, Faloppa F. Fixation of greater tuberosity fractures. *Arthroscopy.* 2004 Oct;20(8):e109-11.
- [38] Sobel AD, Shah KN, Paxton ES. Fixation of a Proximal Humerus Fracture With an Intramedullary Nail. *J Orthop Trauma* 2017;31(3):S47-S9.
- [39] Li M, Wang Y, Zhang Y, Yang M, Zhang P, Jiang B. Intramedullary nail versus locking plate for treatment of proximal humeral fractures: A meta-analysis based on 1384 individuals. *J Int Med Res.* 2018 Nov;46(11):4363-4376. [38]
- [40] Sun Q, Ge W, Li G, Wu J, Lu G, Cai M, Li S. Locking plates versus intramedullary nails in the management of displaced proximal humeral fractures: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop.* 2018 Mar;42(3):641-650.
- [41] Plath JE, Kerschbaum C, Seebauer T, Holz R, Henderson DJH, Förch S, Mayr E. Locking nail versus locking plate for proximal humeral fracture fixation in an elderly population: a prospective randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019 Jan 10;20(1):20.
- [42] Bu G, Sun W, Li J, Yang T, Li M, Wei W. MutiLoc Nail Versus Philos Plate in Treating Proximal Humeral Fractures: A Retrospective Study Among the Alderly. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2021 Sep 26;12:21514593211043961.
- [43] Shi X, Liu H, Xing R, Mei W, Zhang L, Ding L, Huang Z, Wang P. Effect of intramedullary nail and locking plate in the treatment of proximal humerus fracture: an update systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2019 Aug 30;14(1):285.
- [44] Hessmann MH, Hansen WS, Krummenauer F, Pol TF, Rommens P. Locked plate fixation and intramedullary nailing for proximal humerus fractures: a biomechanical evaluation. *J Trauma.* 2005 Jun;58(6):1194-201.
- [45] Zhu, Y.; Lu, Y.; Shen, J.; Zhang, J.; Jiang, C. Locking intramedullary nails and locking plates in the treatment of two-part proximal humeral surgical neck fractures: A prospective randomized trial with a minimum of three years of follow-up. *J. Bone Joint Surg. Am.* **2011**, 93, 159–168.
- [46] Gracitelli, M.E.; Malavolta, E.A.; Assunção, J.H.; Kojima, K.E.; dos Reis, P.R.; Silva, J.S.; Neto, A.A.F.; Hernandez, A.J. Locking intramedullary nails compared with locking plates for two- and three-part proximal humeral surgical neck fractures: A randomized controlled trial. *J. Shoulder Elb. Surg.* **2016**, 25, 695–703.
- [47] Li, M.; Wang, Y.; Zhang, Y.; Yang, M.; Zhang, P.; Jiang, B. Intramedullary nail versus locking plate for treatment of proximal humeral fractures: A meta-analysis based on 1384 individuals. *J. Int. Med. Res.* **2018**, 46, 4363–4376.

## 6. Opinia Komisji Bioetycznej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego



### Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303  
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61  
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl  
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

Warszawa, dnia 21 lutego 2022r.

AKBE/ 77 / 2022

Lek. Karol Ratajczak  
Katedra i Klinika Ortopedii  
i Traumatologii Narządu Ruchu  
Szpital Kliniczny Dzieciątka Jezus  
ul. Lindleya 4  
05 – 007 Warszawa

### OŚWIADCZENIE

Niniejszym oświadczam, że Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym w dniu 21 lutego 2022r. przyjęła do wiadomości informację na temat badania pt:” Ocena porównawcza wyników operacyjnego leczenia wieloodłamowych złamań końca bliższego kości ramiennej w zależności od zastosowanej techniki leczenia operacyjnego-osteosyntezy śródszpikowej bądź osteosyntezy płytkowej.” Przedstawione badanie nie stanowi eksperymentu medycznego w rozumieniu art. 21 ust. 1 ustawy z dnia 5 grudnia 1996 r. o zawodach lekarza i lekarza dentystry(Dz.U. z 2018 r. poz. 617) i nie wymaga uzyskania opinii Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym, o której mowa w art. 29 ust.1 ww. ustawy.

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej

Prof. dr hab. n. med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz

## 7. Oświadczenia współautorów publikacji

WARSZAWA, 04.08.23

(miejsowość, data)

PAWEŁ MAŁOYK

(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Analiza niepowodzeń leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w materiale własnym” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

INTERPRETACJE WYNIKÓW I NADZÓR MERYTORYCZNY

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 10 %.

Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 30 %.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: WYKONANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJE WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

  
(podpis oświadczającego)\*

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA, 06.08.2023,  
(miejscowość, data)

GRZEGORZ SZCZESNY  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Analiza niepowodzeń leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w materiale własnym” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI BADAŃ,  
WYKONANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJE  
WYNIKÓW

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 40 %.

Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 30 %,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: WYKONANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJE  
WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

GRZEGORZ SZCZESNY  
Specjalista  
ORTOPEDIA I TRAUMATOLOGIA  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników



WARSZAWA, 04.12.2023,  
(miejsowość, data)

GRZEGORZ FIJEWSKI  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Analiza niepowodzeń leczenia operacyjnego wieloodłamowych złamań bliższego końca kości ramiennej w materiale własnym” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI ORAZ METODYKI BADAŃ

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 20... %.

Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 30... %.

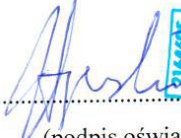
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: WYKONYWANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJE WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

  
lek. Grzegorz Fjowski  
specjalista ortopedii i traumatologii narządu ruchu  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA 20.08.23  
(miejsowość, data)

PAWEŁ MACDZYK

(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Wieloodłamowe złamanie końca bliższego kości ramiennej – zasady diagnostyki, leczenia i usprawniania.” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

INTERPRETACJĘ WYNIKÓW i NADZÓR MELIOTORYCZNY.

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 15 %.

Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 50 %.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI, WYKONANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJĘ WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA 04.08.2023  
(miejsowość, data)

GREGORZ SZCZESNY  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Wieloodłamowe złamania końca bliższego kości ramiennej – zasady diagnostyki, leczenia i usprawniania.” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI ORAZ  
INTERPRETACJI WYNIKÓW

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 35 %.  
Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 50 %.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)  
obejmował on: PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI,  
WYKONANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJI WYNIKÓW  
(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka  
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

dr hab. n. med  
GREGORZ SZCZESNY  
SPECJALISTA  
ORTOPEDIA I FIZJOTERAPII  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA, 06.08.23 ✓  
(miejsowość, data)

PAWEŁ MATOYK  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Wpływ prześrubowania głowy kości ramiennej na funkcjonalny wyniki leczenia wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej leczonego płytką kątowno -stabilną. Studium przypadku.” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

INTERPRETACJE WYNIKÓW i NARZĘK  
MERYTORYCZNY

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 10... %.

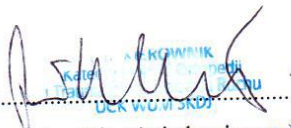
Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 30... %.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)  
obejmował on: WYSZUKIWANIE I OPRACOWANIE BIBLIOGRAFII  
ORAZ INTERPRETACJE WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA, 04.08.2023  
(miejsowość, data)

GRZEGORZ SZCZESNY  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Wpływ prześrubowania głowy kości ramiennej na funkcjonalny wyniki leczenia wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej leczonego płytką kątowno -stabilną. Studium przypadku.” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI, WYKONANIE  
BADAŃ ORAZ INTERPRETACJĘ WYNIKÓW

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako... 40 %.

Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 30 %.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: WYŚWIETLANIE I OPACZOWANIE BIOCIDYFACJI  
ORAZ INTERPRETACJĘ WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

GRZEGORZ SZCZESNY  
dr hab. n. med  
SPECJALISTA  
ORTOPEDIA I TRAUMATOLOGII  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA 04.08.2023,  
(miejsowość, data)

GRZEGORZ FIJEWSKI  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Wpływ prześrubowania głowy kości ramiennej na funkcjonalny wyniki leczenia wielofragmentowego złamania końca bliższego kości ramiennej leczonego płytką kątowo -stabilną. Studium przypadku.” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI I METODYKI BADAŃ

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 22%.

Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 30%.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: WYSKLEPIENIE I OPACOWANIE BIBLIOGRAFII  
ORAZ INTERPRETACJE WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

  
2164605  
lek. Grzegorz Fijewski  
specjalista  
ortopedii i traumatologii  
narządu ruchu  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA 04.08.23  
(miejsowość, data)

GRZEGORZ SZCZESNY  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „*Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates—Functional Results before and during the SARS-Covid-19 Pandemics*” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIU KONCEPCJI, METODYKI ORAZ  
INTERPRETACJI WYNIKÓW

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 35 %.

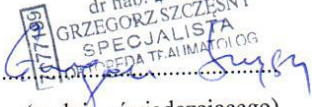
Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako 50 %.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)  
obejmował on: PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI,  
WYKONANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJI WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

dr hab. n. med  
GRZEGORZ SZCZESNY  
SPECJALISTA  
KATEDRA TRAUMATOLOGII  
  
(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

WARSZAWA, 27.08.2023  
(miejsowość, data)

WIESŁAW TOMASZEWSKI  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Stabilization of Comminuted Fractures of the Proximal Humerus with Intramedullary Nails and Angularly Stable Locking Plates—Functional Results before and during the SARS-COVID-19 Pandemics*. *Medicina*. 2023; 59(3):575. oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, INTERPRETACJE  
WYNIKÓW

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 15 %.

Wkład KAROLA RATAJCZAKA w powstawanie publikacji określam jako 50 %,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI, WYKONANIE  
BADAŃ ORAZ INTERPRETACJE WYNIKÓW.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej  
lek/mgr KAROLA RATAJCZAKA

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

dr hab. dr n. med. Wiesław Tomaszewski, prof. nadzw.  
SPECJALISTA CHIRURGII ORTOPEDYCZNEJ  
I TRAUMATOLOGII  
SPECJ. MEDYCYNY SPORTOWEJ  
1759002

(podpis oświadczającego)

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników



WARSZAWA 04.08.2023,  
(miejsowość, data)

GRZEGORZ SZCZESNY  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. „Niestabilne złamania masywu guzka większego kości ramiennej. Opis przypadku” oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

PRZYGOTOWANIE METODYKI ORAZ INTERPRETACJE  
WYNIKÓW

Mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako... 40 %.

Wkład Karola Ratajczaka w powstawanie publikacji określam jako... 60 %.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: PRZYGOTOWANIE KONCEPCJI, METODYKI,  
WYKONANIE BADAŃ ORAZ INTERPRETACJE WYNIKÓW

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)\*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej lek. Karola Ratajczaka

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

Grzegorz Szczęsny

(podpis oświadczającego)

7177193  
GRZEGORZ SZCZESNY  
SPECJALISTA  
ORTOPEDIA TRAJMATOLOG

\*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników