Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja
© MEDSPORTPRESS, 2007; 6(6); Vol. 9, 577-590

Zaangażowanie Autorów
A – Przygotowanie projektu badawczego
B – Zbieranie danych
C – Analiza statystyczna
D – Interpretacja danych
E – Przygotowanie manuskryptu
F – Opracowanie piśmiennictwa
G – Pozyskanie funduszy

Author's Contribution
A – Study Design
B – Data Collection
C – Statistical Analysis
D – Data Interpretation
E – Manuscript Preparation
F – Literature Search
G – Funds Collection

Mirosław Kulej[1(A,B,C,D,E)], Szymon Dragan[1(B,D,F)], Szymon Łukasz Dragan[2(B,D,E,F)], Artur Krawczyk[1(B,D,F)], Jerzy Płochowski[1(E,F)], Wiktor Orzechowski[1(E,F)], Jerzy Stiasny[1(E,F)]

[1] Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Akademii Medycznej we Wrocławiu
[1] Department and Hospital Department of Orthopaedics and Musculoskeletal Traumatology, Wrocław University School of Medicine
[2] Studenckie Koło Naukowe przy Katedrze i Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Akademii Medycznej we Wrocławiu
[2] Student Scientific Society at Department of Orthopaedics and Musculoskeletal Traumatology, Wrocław University School of Medicine

Skuteczność repozycji zamkniętej i możliwość jej utrzymania w opatrunku gipsowym w poszczególnych typach złamań dalszego końca kości promieniowej

Efficacy of closed reduction and maintenance of surgical outcome in plaster cast immobilization in different types of distal radius fractures

Słowa kluczowe: *złamania niestabilne, przemieszczenie wtórne, kongruencja powierzchni stawowej, klasyfikacja AO*
Key words: *fracture instability, redisplacement, articular congruency, AO classification*

STRESZCZENIE

Wstęp. *Celem pracy jest ocena trwałości wyniku repozycji zamkniętej złamania dalszego końca kości promieniowej oraz ocena trudności z odtworzeniem ciągłości powierzchni stawowej w odniesieniu do typu złamania wg klasyfikacji AO.*

Materiał i metody. *Badaniami objęto 65 chorych (40 kobiet i 25 mężczyzn), średnia wieku 59 lat (19-84), ze złamaniami dalszego końca kości promieniowej leczonych metodą repozycji zamkniętej i unieruchomieniem w opatrunku gipsowym (średni czas unieruchomienia 40 dni (25-50). Ocenie poddano wielkość przemieszczeń wtórnych w okresie od repozycji do dnia kontroli, w poszczególnych grupach wg klasyfikacji AO. Średni czas obserwacji wyniósł 624 dni (374 – 1210 dni). W ocenie wielkości przemieszczeń wykorzystano wskaźniki rentgenometryczne opisujące kształt dalszego końca kości promieniowej: RIA, RL, UV, RW, PI. W ocenie stopnia odtworzenia ciągłości powierzchni stawowej drogą repozycji zamkniętej zmierzono wielkość uskoku powierzchni stawowej (step) i wielkość przerwy w ciągłości powierzchni stawowej (gap) bezpośrednio po repozycji w poszczególnych grupach wg AO.*

Wyniki. *Największe przemieszczenia wtórne stwierdzono w grupie C3, a następnie A3 i C2. Statystycznie istotne różnice w wielkości przemieszczeń wtórnych w obrębie poszczególnych typów stwierdzono tylko pomiędzy grupą A2 i A3 (p<0,05). W złamaniach typu C stwierdzono statystycznie istotne różnice w możliwości odtworzenia ciągłości powierzchni stawowej drogą repozycji zamkniętej pomiędzy grupą C1 i C3 oraz C2 i C3 (p<0,05). Różnic takich nie stwierdzono pomiędzy grupą C1 i C2.*

Wnioski. *1. Złamania należące do grupy A3, C2 i C3 są złamaniami niestabilnymi, nawet w przypadku dobrego odtworzenia kształtu dalszego końca metodą repozycji zamkniętej, nie powinny być leczone opatrunkiem gipsowym. 2. Złamania należące do grupy C3 są złamaniami stwarzającymi bardzo duże trudności w odtworzeniu ciągłości powierzchni stawowej przy zastosowaniu metody repozycji zamkniętej.*

SUMMARY

Background. *The aim of this paper is to evaluate the maintenance of surgical outcomes following a closed reduction of distal radius fractures and to assess difficulties in restoring articular surface continuity in different types of fracture according to the AO classification.*

Material and methods. *The study involved 65 patients (40 females, 25 males), at a mean age of 59 years (19-84), with distal radius fractures treated by closed reduction and plaster cast immobilization. The mean duration of the immobilization period was 40 days (25-50). Secondary dislocations between the day of closed reduction and a follow-up visit were assessed in respective AO groups. Mean follow-up was 624 days (374-1210). For the evaluation of secondary dislocations we used radiographic indices (RIA, RL, UV, RW, PI) to define distal radius morphology. For the assessment of articular surface restoration, articular surface step-off and gap were measured following closed reduction in individual AO groups.*

Results. *The most significant secondary dislocations occurred in group C3, followed by A3 and C2. Statistically significant differences in the extent of secondary dislocation between types of fractures were observed only between groups A2 and A3 (p<0.05). Type C fractures presented statistically significant differences with regard to successful restoration of articular surface continuity by closed reduction between groups C1 and C3 and between groups C2 and C3 (p<0.05), whereas no such difference was observed between groups C1 and C2.*

Conclusions. *1. A3, C2 and C3 fractures of the distal radius are characterized by high instability. They should therefore not be treated with plaster cast immobilization, even if the morphology of distal radius has been successfully restored by closed reduction. 2. The restoration of articular surface continuity in type C3 fractures can hardly be achieved by closed reduction.*

Liczba słów/Word count: 7110 **Tabele/Tables:** 2 **Ryciny/Figures:** 6 **Piśmiennictwo/References:** 31

Adres do korespondencji / Address for correspondence
dr Mirosław Kulej
Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Akademia Medyczna
50-556 Wrocław, ul. Borowska 213, tel. (0-71) 733 10 20, e-mail: mirek.kulej@interia.pl

Otrzymano / Received 02.08.2007 r.
Zaakceptowano / Accepted 12.11.2007 r.

WSTĘP

Złamania dalszego końca kości promieniowej, stanowiące około 1/6 wszystkich złamań leczonych w trybie ostrodyżurowym na ogół zaliczane są do lżejszych obrażeń narządu ruchu, jednak stosunkowo często pozostawiają upośledzenie funkcji nadgarstka i ręki [1,2,3,4,5].

Minęło już ponad 190 lat od opublikowania przez Abrahama Collesa jego słynnego dzieła, otwierającego współczesny rozdział historii w rozpoznawaniu i leczeniu złamań w obrębie dalszego końca kości promieniowej, a wciąż istnieją kontrowersje odnośnie do ich klasyfikacji i doboru metody leczenia [1,6].

Różnorodność postaci złamań, występujących w obrębie tak złożonej pod względem anatomicznym i funkcjonalnym części narządu ruchu jaką stanowi część dalsza przedramienia oraz jej połączenia z nadgarstkiem, zaowocowała powstaniem na przestrzeni lat różnorodnych klasyfikacji tych złamań. Powszechnie stosowane w praktyce klinicznej nazewnictwo, pochodzące od nazwisk autorów, którzy opisali poszczególne rodzaje złamań po raz pierwszy, dodatkowo utrudnia wprowadzenie jednolitej i powszechnie uznawanej systematyki.

W drugiej połowie XX wieku opracowano wiele podziałów złamań końca dalszego kości promieniowej. Do powszechnie występujących w piśmiennictwie należą klasyfikacje według Gartlanda i Werleya (1951, [7]), Thomasa (1957, [8,9]), Oldera (1965, [8,9]), Frykmana (1967, [10]), Melone'a (1984 zmodyfikowana w 1993, [6,8,11]), Jenkinsa (1989, [12]), Rayhacka (1990 [13], zmodyfikowana w 1993 przez Cooney'a [14]), Fernandeza (1993, [6,8,15,16,17]) oraz klasyfikacja opracowana przez grupę AO (1986, zmodyfikowana w 1990) [8].

Tak duża liczba podziałów złamań końca dalszego kości promieniowej, w dodatku znacząco różniących się między sobą, utrudnia diagnostykę i wybór właściwego sposobu leczenia tych złamań. Każda użyteczna z praktycznego punktu widzenia klasyfikacja powinna nie tylko określać patomorfologię złamania, lecz także zawierać istotne wskazówki o znaczeniu rokowniczym, jak też uwzględniać potencjalne trudności terapeutyczne wynikające z określonej patomorfologii złamania.

W praktyce najczęściej pierwotnym sposobem leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej jest repozycja zamknięta i unieruchomienie złamania w opatrunku gipsowym. Kontrolne zdjęcie wykonane po repozycji zwykle stanowi podstawę do podjęcia decyzji dotyczącej dalszego leczenia. Złożoność i różnorodność postaci morfologicznych omawianych

BACKGROUND

Even though distal radius fractures, which account for about one-sixth of all fractures treated in emergency rooms, are generally classified as mild injuries of the locomotor apparatus, they tend to produce a permanent impairment of the wrist and the hand [1,2,3,4,5].

It has been more than 190 years since Abraham Colles published his famous work, which laid the foundations of contemporary diagnosis and treatment of distal radius fractures. Still, however, much controversy remains as regards their classification and selection of treatment methods [1,6].

The diversity of types of fractures which occur in the particularly complex, both anatomically and functionally, part of the locomotor system that is the distal forearm and its attachments to the wrist, has produced a number of classifications formulated in the course of time. The terminology commonly used in clinical practice, based on the names of authors who were the first to describe particular fracture types, creates an additional complication and impediment to the introduction of a uniform and universally acknowledged categorization.

Many classifications of distal radius fractures were formulated in the second half of the 20th century. Those most frequently quoted in the literature of the subject include systems suggested by Gartland and Werley (1951, [7]), Thomas (1957, [8,9]), Older (1965, [8,9]), Frykman (1967, [10]), Melone (1984, modified in 1993, [6,8,11]), Jenkins (1989, [12]), Rayhack (1990 [13], modified by Cooney in 1993 [14]), Fernandez (1993, [6,8,15,16,17]), and a classification elaborated by the AO group (1986, modified in 1990) [8].

The large number of very different classifications of distal radius fractures impedes diagnosis and selection of appropriate treatment methods. A useful classification system should not only determine the specific pathomorphology of the fracture but also convey a set of guidelines regarding prognosis and account for potential treatment problems related to the pathomorphological characteristics of a particular fracture.

The treatment method of distal radius fracture most frequently used in clinical practice involves closed reduction and plaster cast immobilization. Further treatment is usually based on a post-reduction radiograph. The complexity and variety of morphological forms of distal radius fractures hinder the decision to approve or reject the reduction outcome. The decision, most frequently taken in the emergency room, ought to account for the risk of redisplacement

złamań utrudnia podjęcie decyzji o akceptacji lub braku akceptacji uzyskanego wyniku repozycji. Decyzja ta, zwykle podejmowana w warunkach ostrego dyżuru, powinna uwzględniać ryzyko wystąpienia przemieszczeń wtórnych w okresie unieruchomienia w opatrunku gipsowym, a także po jego usunięciu.

Udana repozycja zamknięta, przywracająca kształt dalszego końca kości promieniowej, często możliwa do osiągnięcia nawet w przypadku złamań, w których utrzymanie uzyskanej repozycji poprzez unieruchomienie w opatrunku gipsowym jest niemożliwe, jest ważnym czynnikiem utrudniającym dobór właściwego sposobu leczenia.

W niektórych typach złamań dalszego końca kości promieniowej osiągnięcie akceptowalnego wyniku repozycji zamkniętej jest trudne lub wręcz niemożliwe, niezależnie od możliwości późniejszego utrzymania tego wyniku w opatrunku gipsowym. Wstępne prawidłowe zakwalifikowanie złamania do tej grupy pozwala na uniknięcie, niestety do chwili obecnej często spotykanych, wielokrotnych repozycji, prowadzących do wtórnego pogorszenia stabilności złamania, uszkodzeń tkanek miękkich i zwiększonego ryzyka rozwoju zespołów algodystroficznych.

Powyższe obserwacje skłoniły autorów pracy do podjęcia próby oceny ryzyka wystąpienia przemieszczeń wtórnych. Istotnym czynnikiem, który zadecydował o wyborze właśnie tego podziału, jest stale rosnąca częstość stosowania klasyfikacji AO w literaturze przedmiotu [1,6,8,18,19,20,16,22,23,24,25,26, 27,28,29].

Klasyfikacja ta uwzględnia trzy główne typy złamań w obrębie każdego segmentu kości oznaczane kodem literowym: „A” dla złamań pozastawowych, „B” dla złamań częściowo stawowych oraz „C” dla złamań całkowicie stawowych. W obrębie każdego z powyższych typów wyróżnia się trzy grupy, z kolei w obrębie każdej z nich trzy podgrupy. Kolejne grupy i podgrupy ułożone są w kolejności rosnącej, które mają uwzględniać stopień złożoności złamania, potencjalne trudności terapeutyczne oraz rokowanie. Zgodnie z omawianą klasyfikacją każde złamanie części dalszej kości promieniowej można przypisać do jednej z 27 podgrup.

Celem pracy jest ocena trwałości wyniku repozycji zamkniętej złamania dalszego końca kości promieniowej oraz ocena trudności w odtworzeniu ciągłości powierzchni stawowej w odniesieniu do typu złamania wg klasyfikacji AO. Ustalenie takiej zależności byłoby pomocne w doborze właściwej metody leczenia i pozwoliło na uniknięcie obciążających chorego, nierzadko powtarzanych, repozycji zamkniętych.

both in the course of plaster cast immobilization and following cast removal.

A successful closed reduction restoring the shape of the distal radial epiphysis, which is often possible even in fractures in which the maintenance of reduction outcomes by means of plaster cast immobilization is unattainable, constitutes an important factor impeding the selection of an appropriate treatment.

Obtaining an acceptable surgical outcome of closed reduction may be very difficult or even impossible in certain types of distal radius fractures, regardless of whether the outcome can later be maintained by plaster cast immobilization. An adequate initial classification of a fracture into this group helps to avoid multiple reductions, which are unfortunately still quite frequent and lead to secondary impairment of fracture stability, damage to soft tissues and an increased risk of algodystrophy.

The above observations inspired the authors of the present paper to attempt to evaluate the risk of redisplacement. The growing popularity of the AO classification in the medical literature was an important reason for its selection for the present analysis [1,6,8,18,19,20,16,22,23,24,25,26,27,28,29].

The AO classification involves three main types of fractures within each bone segment, where "A" stands for extra-articular fractures, "B" refers to partially extra-articular fractures, and "C" is the symbol for articular fractures. Each of these types is divided into three groups, each of which consists of three subgroups. The groups and subgroups have been arranged to reflect the increasing complexity of the fracture, potential therapeutic problems and prognosis. On the basis of this classification, each distal radius fracture may be assigned to one of 27 subgroups.

The aim of this paper is to evaluate the maintenance of surgical outcomes following closed reduction of distal radius fractures and to assess difficulties in restoration of articular surface continuity in different types of fracture according to the AO classification. Defining such a relationship would facilitate the selection of an appropriate treatment and eliminate the use of closed reductions, which often need to be repeated and put a strain on the patient.

MATERIAŁ I METODY

Od stycznia 2003 do maja 2005 roku w ambulatorium ortopedycznym Wojewódzkiego Szpitala Zespolonego im. J. Babińskiego we Wrocławiu leczono 395 chorych ze złamaniem końca dalszego kości promieniowej, w tym u 372 chorych zastosowano leczenie metodą repozycji zamkniętej i unieruchomieniem w opatrunku gipsowym.

Spośród chorych leczonych nieoperacyjnie, prospektywnej ocenie poddano 65 chorych, 40 kobiet i 25 mężczyzn. Średnia wieku wyniosła 59 lat (19-84), 61,5 (19-82) w przypadku kobiet i 53,4 (22-84) w przypadku mężczyzn. Średni czas unieruchomienia wyniósł około 40 dni (25-50). Średni czas obserwacji wyniósł 624 dni, tj. około 1 roku i 8 miesięcy (374-1210 dni). Do badania włączono chorych, u których wykonano wyłącznie jednorazową repozycję, a w okresie poprzedzającym złamanie nie występowała dysfunkcja kończyny górnej, w tym wcześniej przebyte złamanie dalszego końca kości promieniowej.

Złamania usystematyzowano zgodnie z klasyfikacją zaproponowaną przez grupę AO na podstawie zdjęć rentgenowskich w standardowych projekcjach, tylno-przedniej (P-A) i bocznej (L), wykonanych przed repozycją. Liczbę chorych i udział procentowy w poszczególnych typach, grupach i podgrupach tej klasyfikacji przedstawiono w Tabeli 1.

W ocenie wielkości przemieszczeń wykorzystano wskaźniki rentgenometryczne powszechnie stosowane w badaniach nad złamaniami końca dalszego kości promieniowej. Podobnie jak w przypadku innych złamań stawowych, umownie podzielono je na te, które służą ocenie ukształtowania dalszego końca kości promieniowej oraz te, które służą ocenie stopnia odtworzenia powierzchni stawowej. W ocenie kształtu dalszego końca kości promieniowej zastosowano najczęściej występujące w piśmiennictwie wskaźniki: Radial Inclination Angle (RIA), Palmar Inclination (PI), Radial Length (RL), Ulnar Variance (UV), Radial Width (RW). Nazewnictwo oparto na ujednoliconych definicjach opracowanych przez IWIW (International Wrist Investigator's Workshop), opublikowanych w roku 2002 w Journal of Bone and Joint Surgery [29]). Na zdjęciach rentgenowskich wykonanych w standardowych projekcjach tylno-przednich (PA) i bocznych (L), dokonano pomiarów wartości wyżej wymienionych wskaźników bezpośrednio po repozycji zamkniętej i w czasie kontroli odległej (średni okres obserwacji wyniósł 624 dni, tj. około 1 roku i 8 miesięcy (374-1210 dni) oraz dla strony przeciwnej.

MATERIAL AND METHODS

A total of 395 patients with distal radius fractures were treated in the orthopedic outpatient clinic of the J. Babiński Regional Polyclinical Hospital in Wrocław between January 2003 and May 2005, with 372 patients subjected to closed reduction and plaster cast immobilization.

A group of 65 patients (40 females, 25 males) selected from among the patients who did not undergo surgical treatment was subjected to prospective analysis. The mean age amounted to 59 years (19-84), with 61.5 (19-82) for women and 53.4 (22-84) for men. The limb was immobilized for a mean of 40 days (25-50). Mean follow-up time was 624 days, i.e. about 1 year and 8 months (374-1210 days). The study involved only those patients who underwent a single reduction procedure and demonstrated no upper limb dysfunction prior to the fracture, including a past distal radius fracture.

Fractures were categorized according to the AO classification on the basis of radiographs taken in standard views, i.e. postero-anterior (P-A) and lateral (L), obtained prior to the reduction procedure. The number of patients and their percentage distribution among different types, groups and subgroups of the AO classification are presented in Table 1.

Radiographic indices commonly used in studies of distal radius fractures were used for measurements of the extent of dislocation. As with other articular fractures, the indices were arbitrarily divided into those related to the assessment of distal radius morphology and those expressing the degree of articular surface restoration. The following indices, most frequently employed in the literature, were used for the assessment of distal radius morphology: Radial Inclination Angle (RIA), Palmar Inclination (PI), Radial Length (RL), Ulnar Variance (UV), and Radial Width (RW). The terminology is based on uniform definitions elaborated by IWIW (International Wrist Investigators' Workshop), published in 2002 in the Journal of Bone and Joint Surgery [29]). Radiographic images at standard postero-anterior (PA) and lateral (L) views were used for the measurements of the indices directly following the closed reduction and during the follow-up (mean follow-up time was 624 days, i.e. about 1 year and 8 months (374-1210 days) and on the contralateral side.

Mean change in the values of the radiographic indices for the period between reduction and the late follow-up visit was calculated separately for each AO group, excluding type B fractures as they were suffered by a small number of patients.

Tab. 1. Liczba i udział odsetkowy poszczególnych złamań zgodnie z klasyfikacją wg AO
Tab. 1. Numbers and percentages of fractures according to the AO classification

Typ Type	Grupa Group	Podgrupa Subgroup	Liczba chorych Number of patients	%
A 33 50.77%	A1 0 0.00%	A1.1	0	0.00%
		A1.2	0	0.00%
		A1.3	0	0.00%
	A2 15 23.08%	A2.1	5	7.69%
		A2.2	10	15.38%
		A2.3	0	0.00%
	A3 18 27.69%	A3.1	3	4.62%
		A3.2	15	23.08%
		A3.3	0	0.00%
B 2 3.08%	B1 1 1.54%	B1.1	0	0.00%
		B1.2	1	1.54%
		B1.3	0	0.00%
	B2 0 0.00%	B2.1	0	0.00%
		B2.2	0	0.00%
		B2.3	0	0.00%
	B3 1 1.54%	B3.1	1	1.54%
		B3.2	0	0.00%
		B3.3	0	0.00%
C 30 46.15%	C1 9 13.85%	C1.1	2	3.08%
		C1.2	7	10.77%
		C1.3	0	0.00%
	C2 11 16.92%	C2.1	8	12.31%
		C2.2	2	3.08%
		C2.3	1	1.54%
	C3 10 15.38%	C3.1	2	3.08%
		C3.2	7	10.77%
		C3.3	1	1.54%
Łącznie / Total			65	100.00%

Średnie zmiany wartości ocenianych wskaźników rentgenometrycznych w czasie od repozycji do dnia kontroli odległej obliczono oddzielnie dla każdej grupy wg klasyfikacji AO, z pominięciem typu B ze względu na niewielką liczbę chorych ze złamaniami należącymi do tego typu.

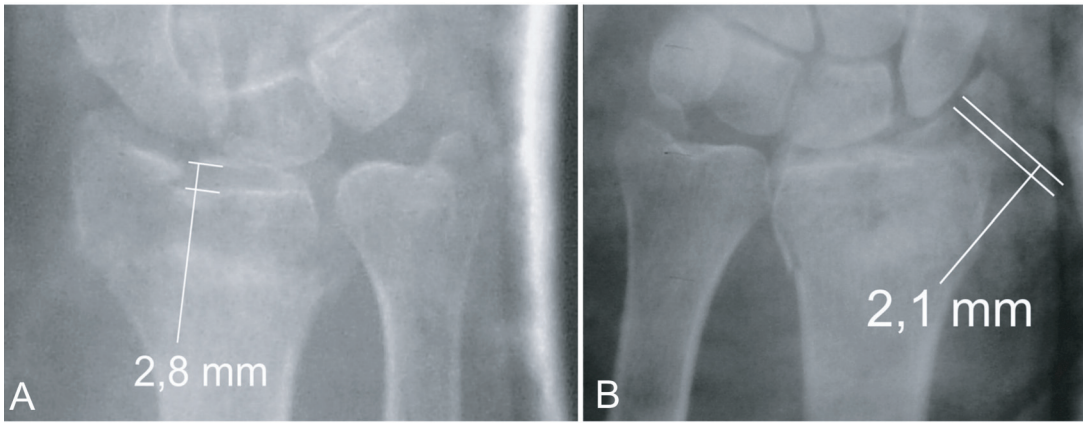
Rentgenometryczną ocenę stopnia uszkodzenia powierzchni stawowej oparto na ocenie wielkości przerwy w ciągłości powierzchni stawowej obliczonej na zdjęciach rentgenowskich bezpośrednio po repozycji. Rozróżniono dwa rodzaje pomiarów. Pierwszy pozwala na ocenę stopnia uszkodzenia chrząstki stawowej o charakterze uskoku (schodka; ang. step), drugi określa wielkość uszkodzenia o charakterze przerwy (ang. gap) w ciągłości powierzchni stawowej (Ryc. 1). W badaniu uwzględniono największe uszkodzenie powierzchni stawowej widoczne na zdjęciu rentgenowskim w projekcji tylno-przedniej i bocznej.

W obróbce cyfrowej zdjęć i obliczeniach wartości wymienionych wskaźników rentgenometrycznych wykorzystano program CorelDraw 12, umożliwiający między innymi oznaczenie wartości rzeczywistych pomiarów liniowych.

The radiographic assessment of articular surface damage was based on measurements of the degree of disruption of the articular surface as visible on radiographic images obtained directly following the reduction procedure. Two types of measurements were distinguished, with the first one related to the damage to articular cartilage in the form of step-offs and the second one assessing the damage presenting as gaps in the articular surface. (Fig. 1). The study used the most extensive articular surface damage visible on the postero-anterior and lateral radiographs.

CorelDraw 12 software, whose functionalities enable the determination of real values for linear measurements, was used for digital processing of the images and calculation of the radiographic indices.

The data was subjected to statistical analysis. First, the normality of distribution of changes in the selected radiographic indices was assessed in particular AO groups. Two independent normality tests: the Shapiro-Wilk test and the Lilliefors test, were used for this purpose. Since the distribution in most data sets did not match the normality standards, the non-parametric Kruskal-Wallis test and the median test were used as they do not require the assumption that



Ryc. 1. Sposób pomiaru stopnia uszkodzenia powierzchni stawowej dalszego końca kości promieniowej (z wykorzystaniem programu CorelDraw 12) A – step, B – gap.
Fig. 1. Measurement of distal radius articular surface damage (using CorelDraw 12 software); A – step, B – gap.

Uzyskane dane poddano analizie statystycznej. W pierwszym etapie oceniono normalność rozkładu wartości zmian ocenianych wskaźników rentgenometrycznych w poszczególnych grupach złamań według klasyfikacji AO. W tym celu wykorzystano równolegle dwa testy normalności – Shapiro-Wilka i Lilliefrosa. Ze względu na brak normalności rozkładu w większości z ocenianych zbiorów danych, w dalszej analizie zastosowano równolegle dwa testy nieparametryczne – test Kruskala-Wallisa i test mediany, nie wymagające założeń o rozkładzie normalnym. W przypadku stwierdzenia istotnej statystycznie różnicy pomiędzy grupami w typie C dodatkowo porównano różnice pomiędzy poszczególnymi grupami wykorzystując (test Kołmogorowa-Smirnowa, test U Manna-Whitneya i test serii Walda-Wolfowitza. We wszystkich obliczeniach przyjęto poziom istotności p=0,05.

WYNIKI

Porównanie wartości średnich ocenianych wskaźników rentgenometrycznych opisujących kształt dalszego końca kości promieniowej bezpośrednio po repozycji z wartościami średnimi dla strony przeciwnej wykazało dużą zbieżność tych wartości. Wyjątkiem okazał się kąt PI (Palmar Inclination) opisujący nachylenie powierzchni stawowej dalszego końca kości promieniowej w płaszczyźnie strzałkowej (Ryc. 2). Uzyskane wyniki wskazują na możliwość dość skutecznego odtworzenia kształtu dalszego końca kości promieniowej metodą bezkrwawą.

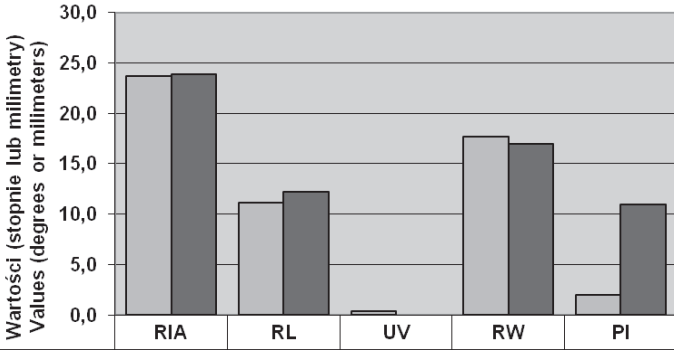
Średnie wartości zmian wskaźników rentgenometrycznych opisujących kształt dalszego końca kości promieniowej, w czasie od repozycji zamkniętej do dnia kontroli odległej przedstawia Ryc. 3, a wyniki analizy statystycznej Tabela 2.

data follow a normal distribution. In case of statistically significant differences between the groups of type C fractures, an additional comparison of such differences was conducted using the Kolmogorov-Smirnov test, the Mann-Whitney U test and the Wald-Wolfowitz runs test. A significance level of p=0.05 was assumed in all calculations.

RESULTS

The comparison of mean values of the radiographic indices describing the morphology of the distal radius directly following the reduction procedure with the mean values for the contralateral side demonstrated remarkable similarity. The only exception was the PI (Palmar Inclination) index, accounting for the inclination of the articular surface of the distal radius in the sagittal plane (Fig. 2). The results indicate the possibility of successful bloodless restoration of the shape of distal radius.

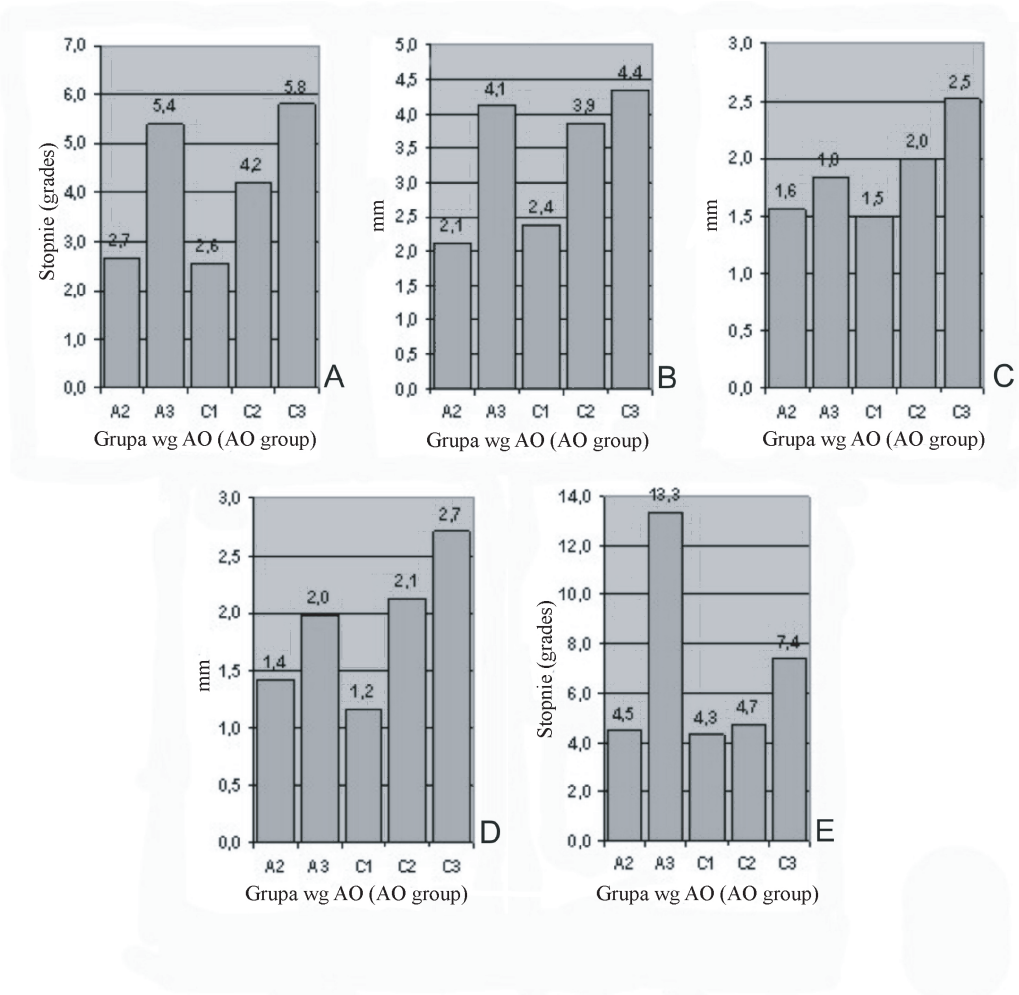
Mean changes of the radiographic indices describing the morphology of the distal radius in the period between closed reduction and the late follow-up visit are presented in Fig. 3. Table 2 conveys the results of the respective statistical analyses.



	RIA	RL	UV	RW	PI
Wartości średnie po repozycji (Mean values after reduction)	23,7	11,1	0,4	17,7	2,0
Wartość średnia po stronie przeciwnej (Mean values on the other side)	23,9	12,2	0,0	17,0	11,0

Ryc. 2. Porównanie średnich wartości ocenianych wskaźników rentgenometrycznych bezpośrednio po repozycji z wartościami po stronie przeciwnej (zdrowej)

Fig. 2. Mean values of radiographic indices after closed reduction in comparison with values on the contralateral (healthy) side



Ryc. 3. Średnie zmiany wartości wskaźników rentgenometrycznych: A – RIA (Radial Inclination Angle), B – Radial Length, C – UV (Ulnar Variance), D – RW (Radial Width), E – PI (Palmar Inclination)

Fig. 3. Mean changes of radiographic indices; A – RIA (Radial Inclination Angle), B – Radial Length, C – UV (Ulnar Variance), D – RW (Radial Width), E – PI (Palmar Inclination)

Tab. 2. Wyniki analizy statystycznej średnich wartości zmian ocenianych wskaźników rentgenometrycznych
Tab. 2. Statistical analysis of mean changes in the radiographic indices

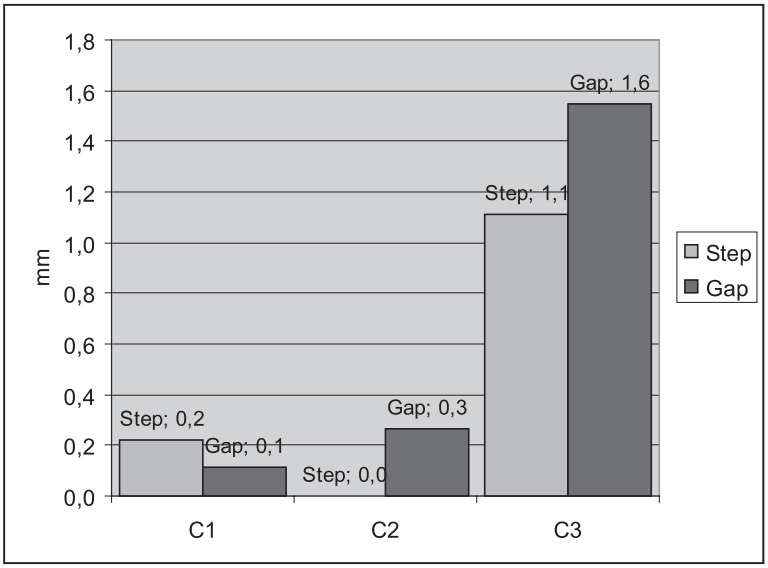
		RIA	RL	UV	RW	PI
Test Kruskala-Wallisa (Kruskal-Wallis test)	Typ A (Type A)	p= 0.0112	p= 0.0236	p= 0.3761	p= 0.0376	p= 0.0015
	Typ C (Type C)	p= 0.2411	p= 0.2535	p= 0.8255	p= 0.2961	p= 0.4234
Test mediany (Median test)	Typ A (Type A)	p= 0.0073	p= 0.0028	p= 0.5397	p= 0.0221	p= 0.0073
	Typ C (Type C)	p= 0.30	p= 0.4745	p= 0.9149	p= 0.2071	p= 0.2823

We wszystkich grupach złamań, dla wszystkich ocenianych wskaźników rentgenometrycznych, obserwowano wzrost średnich wartości przemieszczeń w obrębie danego typu, zgodnie ze schematem A3> A2 i C3>C2>C1. Różnice te okazały się statystycznie istotne ($p<0.05$) tylko pomiędzy grupą A2 i A3, z wyłączeniem wskaźnika UV, w odniesieniu do którego nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami należącymi zarówno do typu A, jak i C. Uwagę zwracają duże zmiany wartości wszystkich ocenianych wskaźników rentgenometrycznych w grupie A3, C2 i C3, znacznie odbiegające od zmian stwierdzonych w grupie A2 i C1. Największe zmiany stwierdzono w grupie C3, nieco mniejsze i zbliżone do siebie w grupie A3 i C2. Wyjątek stanowiły zmiany wartości kąta PI, które były zdecydowanie największe w grupie A3.

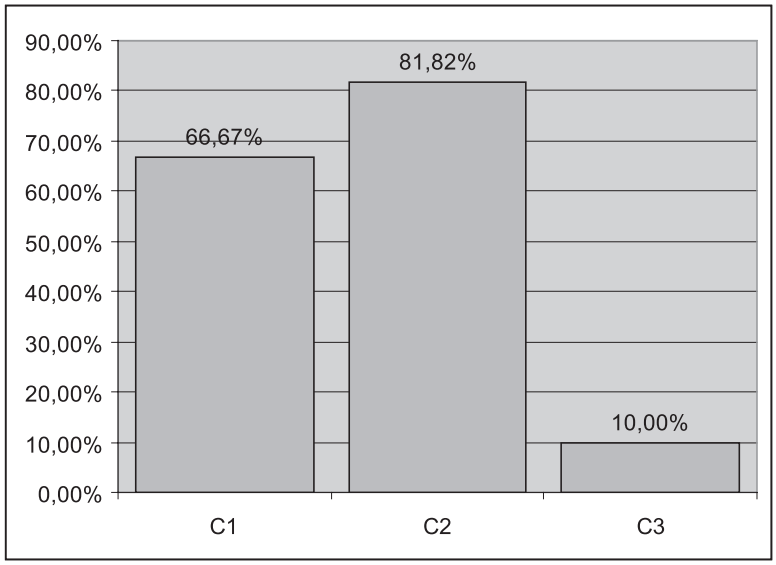
Dla złamań stawowych typu C oznaczono wielkość inkongruencji powierzchni stawowej po repozycji zamkniętej. Średnie wartości wskaźników okre-

All fracture groups demonstrated an increase in mean dislocation values within a given type for all assessed radiographic indices, in accordance with the formula A3>A2 and C3>C2>C1. Statistically significant differences ($p<0.05$) were only recorded between groups A2 and A3, excluding the UV index, with respect to which no statistically significant differences existed between any type A and C groups. Remarkable changes in all assessed radiographic indices in groups A3, C2 and C3 differ from the results recorded in groups A2 and C1. The greatest rate of change was observed in group C3, followed by A3 and C2, which demonstrated slightly reduced and similar results. The only exception involved changes of PI angle values, which were by far the greatest in group A3.

The degree of articular surface incongruity following closed reduction was determined for type C articular fractures. Mean values of indices describing the extent of articular surface damage, which in-



Ryc. 4. Średnia wielkość zaburzenia ciągłości powierzchni stawowej bezpośrednio po repozycji (w mm); Step – wielkość uskoku powierzchni stawowej; Gap – wielkość przerwania ciągłości powierzchni stawowej
Fig. 4. Mean degree of articular surface continuity disruption directly after closed reduction (in millimeters); Step – extent of articular surface step-off (fault); gap – extent of articular surface disruption (interrruption)



Ryc. 5. Udział odsetkowy złamań z pełnym odtworzeniem ciągłości powierzchni stawowej w poszczególnych grupach należących do typu C

Fig. 5. Percentage distribution of fractures with complete articular surface continuity restoration in individual AO type C groups

ślających wielkość uszkodzenia powierzchni stawowej, zarówno określające wielkość uskoku (step), jak i wielkości przerwy w ciągłości (gap), bezpośrednio po repozycji były podobne w grupie C1 i C2 i okazały się stosunkowo niewielkie, nie przekraczały 0,3 mm. W grupie C3 średnie wartości były zdecydowanie większe i przekraczały 1mm (Ryc. 4). Różnice pomiędzy grupą C1 i C2 a grupą C3 okazały się statystycznie istotne (test Kołmogorowa-Smirnowa p<0,05, test U Manna-Whitneya p<0,05, test serii Walda-Wolfowitza p<0,05)

Podobne różnice pomiędzy grupami C1 i C2 a grupą C3 wystąpiły w przypadku oceny udziału procentowego złamań w których udało się uzyskać całkowite odtworzenie ciągłości powierzchni stawowej (Ryc. 5).

DYSKUSJA

Ocenie poddano chorych leczonych wyłącznie bezkrwawą repozycją w celu otrzymania jednorodnej grupy w odniesieniu do zastosowanego sposobu leczenia. To ograniczenie badanej grupy do chorych leczonych wyłącznie nieoperacyjnie z pewnością zmieniło nieco udział procentowy niektórych grup złamań. Pomimo tego, częstość występowania poszczególnych rodzajów złamań jest zbliżona do przedstawionej przez McQueena [29] w oparciu o analizę grupy 2141 chorych ze złamaniami dalszego końca kości promieniowej. Najczęściej występujące grupy złamań w naszym materiale stanowiły grupy A3 (27,69; Mc Queen-29,94), następnie A2 (23,08%; McQueen--18%) i C2 (16,92; McQueen: 25,74). Warto zauwa-

cludes both the ones related to articular surface step-off and those expressing the extent of articular surface continuity disruption (gap), were found to be similar in groups C1 and C2 directly following reduction, amounting to a relatively low value of max. 0.3 mm. Group C3 demonstrated remarkably higher mean values exceeding 1 mm (Fig. 4). The differences between groups C1 and C2 compared to group C3 were statistically significant (Kolmogorov-Smirnov test p<0.05, Mann-Whitney U test p<0.05, Wald-Wolfowitz runs test p<0.05).

Similar differences between groups C1 and C2 and group C3 were observed in relation to the percentage distribution of fractures with complete articular surface continuity restoration (Fig. 5).

DISCUSSION

In order to obtain a homogeneous group with respect to the treatment administered, only patients who underwent bloodless reduction were included in the study. The fact that the study group was limited to the patients subjected to non-operative treatment must have influenced the percentage shares of certain fracture groups. Despite this, the prevalence of particular fracture types was similar to that presented by McQueen [29] basing on a study of 2141 patients with distal radius fractures. The most numerous fracture types in the study involved the following groups: A3 (27.69; Mc Queen – 29.94), followed by A2 (23.08%; McQueen – 18%) and C2 (16.92; McQueen – 25.74). Of note, these three groups ac-

żyć, że te trzy grupy stanowiły łącznie około 2/3 wszystkich ocenianych złamań.

Ocena średnich wartości wskaźników rentgenometrycznych opisujących kształt dalszego końca kości promieniowej wykazała, że wartości średnie pomiarów, uzyskane po repozycji zamkniętej zbliżone są do wartości średnich po stronie zdrowej (Rycina 3). Fakt ten, w swojej istocie niewątpliwie korzystny, niesie ze sobą potencjalne niebezpieczeństwo zaakceptowania wyniku bezkrwawej repozycji w przypadku złamań niestabilnych i, w najlepszym przypadku, opóźnienia właściwego leczenia.

Powyższe spostrzeżenia, aczkolwiek oparte wyłącznie na wartościach średnich dla całej badanej grupy, nakazują zachowanie dużej ostrożności w momencie podejmowania decyzji o akceptacji uzyskanej pierwotnie repozycji. Konieczna jest krytyczna ocena złamania w aspekcie możliwości utrzymania wyniku nastawienia.

Ocena wielkości przemieszczeń wtórnych oparta na średnich wartościach zmian wskaźników rentgenometrycznych opisujących kształt dalszego końca kości promieniowej (RIA, RL, UV, RW, PI) wskazała na istnienie statystycznie istotnych różnic w wielkościach zmian ocenianych wskaźników rentgenometrycznych wyłącznie między grupą A2 i A3. Do obu grup zaliczane są złamania o charakterze pozastawowym, a różnicuje je wyłącznie obecność odłamu pośredniego w kształcie klina lub zmiażdżenia warstwy korowej w obrębie dalszego końca kości promieniowej. Ze względu na fakt, iż jest to jedyny element różnicujący powyższe grupy złamań należy przypuszczać, że właśnie jego obecność decyduje o stwierdzonych różnicach. Hipoteza o znaczeniu różnego stopnia zmiażdżenia warstwy korowej dalszego końca kości promieniowej znajduje potwierdzenie w wynikach badań innych autorów, zgodnie z którymi jest jednym z głównych czynników ryzyka wystąpienia przemieszczeń wtórnych [27,30,31,32,33, 34]. Z obserwacji własnych wynika, że nawet niewielkiego stopnia zmiażdżenie warstwy korowej, często trudno identyfikowalne na zdjęciu rentgenowskim i nie związane z istotnym wyjściowo przemieszczeniem może być przyczyną istotnych przemieszczeń wtórnych (Ryc. 7).

Inne opisywane w literaturze czynniki ryzyka przemieszczeń wtórnych w przypadku złamań pozastawowych obejmują duże przemieszczenie pierwotne [35,36] oraz zaawansowanaą osteoporozę [37].

W złamaniach stawowych (typ C), pomimo stwierdzenia spodziewanego dla klasyfikacji AO wzrostu wartości średniej przemieszczeń wtórnych w kolejnych „wyższych" grupach, stwierdzone różnice nie były statystycznie istotne. Pomimo tego wysokie war-

counted for approx. 2/3 of all fractures examined in the study.

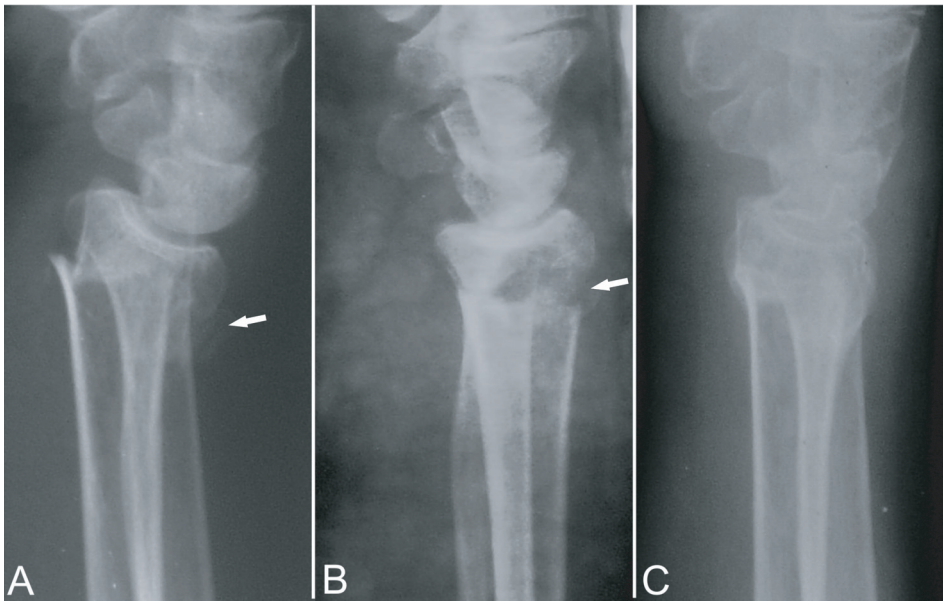
The analysis of the mean values of radiographic indices describing the morphology of the distal radius indicated that the mean measurement values obtained following closed reduction correspond with the respective values on the contralateral side (Fig. 3). The general significance of this fact is undoubtedly positive. It can, nonetheless, also be associated with the potential danger of accepting the result of a bloodless reposition in unstable fractures, which may at least delay the initiation of appropriate treatment.

The above observations, though based solely on mean values for the entire study group, ought to be interpreted as a warning against abrupt decisions regarding approval of the outcome of primary reduction. It is crucial to conduct a critical assessment of the fracture with regard to the possibility of maintaining the reduction outcome.

The analysis of the degree of redisplacement based on the mean values of radiographic indices describing the morphology of the distal radius (RIA, RL, UV, RW, PI) revealed statistically significant differences in changes of the selected radiographic indices only between group A2 and A3. Both of these groups involve extra-articular fractures and the only difference between them is the presence of an intermediate wedge-shaped fractured bone fragment vs. crushing of cortical bone in the distal radius. Since this is the only differentiating factor between these fracture groups, it may be assumed that its presence or absence alone accounted for the observed differences. The hypothesis claiming the significance of different degrees of cortical bone crushing in the distal radius has been confirmed by various authors, who see it as a major risk factor for redisplacement [27,30,31,32, 33,34]. Our own observations have indicated that even slight cortex crushing, which is difficult to identify on the radiograph and might not even be connected with a significant initial dislocation, may produce considerable redisplacement (Fig. 6).

Other important risk factors for redisplacement in extra-articular fractures described in the literature include extensive primary dislocation [35,36] and full-blown osteoporosis [37].

Despite a predictable increase in the mean degree of redisplacement in successively "higher" AO groups in type C articular fractures, the differences were not statistically significant. Nonetheless, high degrees of redisplacement observed in C2 and C3 fracture groups indicate considerable difficulty in maintaining the outcomes of closed reduction by plaster cast immobilization. In the case of C2 fractures and the majority of C3 fractures, this may, as with A3 frac-



Ryc. 6. Zmiany wartości kąta nachylenia powierzchni stawowej w płaszczyźnie strzałkowej (PI); A – rtg wyjściowe, B – rtg po repozycji, C – rtg wykonane podczas kontroli odległej; strzałka pokazuje ubytek w ciągłości warstwy korowej dalszego końca kości promieniowej, który zadecydował o zaliczeniu złamania do typu A3

Fig. 6. Mean changes of inclination angle in the sagittal plane A – baseline X-ray, B – post-reduction X-ray, C – follow-up X-ray. The arrow indicates a bone defect in the cortex of the distal radius, making it a type A3 fracture in the AO classification

tości przemieszczeń wtórnych stwierdzone w złamaniach grupy C2 i C3 wskazują na duże trudności w utrzymaniu wyniku uzyskanej repozycji zamkniętej poprzez unieruchomienie w opatrunku gipsowym. Za taki stan rzeczy w przypadku złamań C2 i wiekszości złamań C3 odpowiadać może, podobnie jak w przypadku złamań A3, obecność wieloodłamowego złamania w obrebie dalszego końca kości promieniowej, zaś w przypadku złamań C3 dodatkowo obecność wielu odłamów stawowych.

W piśmiennictwie istnieją znaczne rozbieżności w określeniu granic akceptacji uzyskanego wyniku repozycji w odniesieniu do kształtu dalszego końca kości promieniowej, opisywanego za pomocą wykorzystanych w pracy pomiarów rentgenometrycznych. [38,39,40,41,42,43,44,45,46] Określenie tych granic miałoby istotne znaczenie praktyczne, ale sprawia wiele trudności, ze względu na złożoność patomorfologiczną i dużą różnorodność spotykanych typów złamań oraz wpływ na wynik czynnościowy leczenia wielu innych czynników, takich jak stopień uszkodzenia tkanek miękkich, obecność zmian osteoporotycznych, metodyka leczenia usprawniającego czy wiek chorych. Pomimo istniejących trudności w ściśle matematycznym powiązaniu obrazu rentgenowskiego z funkcją nadgarstka i ręki po złamaniach dalszego końca kości promieniowej, należy dążyć do możliwie anatomicznego, porównywalnego ze stroną zdrową, odtworzenia kształtu końca dalszego kości promieniowej.

tures, be associated with the presence of comminution of the radial metaphysis, with the additional presence of numerous fractured bone fragments in group C3.

Published papers reveal considerable discrepancies concerning the limit of acceptance of reduction outcomes on the basis of the morphology of the distal radial epiphysis described by the abovementioned radiographic indices [38,39,40,41,42,43,44,45,46]. A clear delineation of these limits could turn out useful from a practical point of view, but, unfortunately, it poses a lot of difficulty because of the pathomorphological complexity and great diversity of fracture types encountered in clinical practice as well as the influence of various other factors, such as the extent of soft tissue damage, osteoporotic lesions, rehabilitation methodology or the patient's age on functional treatment outcomes. In spite of purely mathematical difficulties regarding the association of radiographic evidence and the function of the wrist and the hand following a distal radius fracture, the physician ought to attempt to obtain the most anatomically adequate restoration of the shape of the fractures of the distal radius, comparable with the healthy side.

The limits to acceptance in case of incomplete restoration of the continuity of distal radius articular surface have been defined in a number of works. A study conducted by Knirk and Jupiter [47] revealed that 91% of patients in whom the anatomical restoration of the articular surface was not complet-

Granice akceptacji w przypadku niepełnego odtworzenia ciągłości powierzchni stawowej dalszego końca kości promieniowej zostały określone w wielu badaniach. W badaniu przeprowadzonym przez Knirka i Jupitera [47] u 91% chorych, u których nie uzyskano anatomicznego odtworzenia powierzchni stawowej wystąpiły cechy artrozy stawu promieniowo-nadgarstkowego, przy pozostawieniu uskoku przekraczającego 2 mm odsetek ten wyniósł 100%. Podobnie według Melone'a [11] przemieszczenie przekraczające 2 mm skutkuje trwałym brakiem kongruencji stawu promieniowo-nadgarstkowego, co zagraża szybkim rozwojem artrozy. Wyniki Bradway'a i wsp. [48] potwierdzają, iż uskok przekraczający 2 mm powoduje artrozę pourazową obserwując jednocześnie w 25% artrozę pourazową przy uskoku < 2 mm. Wg innych autorów [18,49,50,51] już uskok powierzchni stawowej > 1 mm skutkuje dolegliwościami bólowymi i ograniczeniem ruchomości w obrębie nadgarstka.

Przeprowadzona analiza wskazuje na brak statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupą C1 i C2 przy równoczesnej ich obecności pomiędzy grupą C1 i C3 oraz C2 i C3, co nakazuje przyjrzeć się dokładniej różnicom morfologicznym pomiędzy tymi grupami. Zgodnie z klasyfikacją AO, do grup C1 i C2 zalicza się złamania z obecnością dwóch odłamów stawowych, a do grupy C3 złamania wieloodłamowe.

Brak wyraźnych różnic w możliwościach odtworzenia ciągłości powierzchni stawowej pomiędzy grupą C1 i C2 oraz istotne statystycznie różnice pomiędzy tymi grupami a grupą C3 może wskazywać, iż istotną przyczyną takiego stanu rzeczy jest obecność więcej niż dwóch odłamów stawowych.

W podsumowaniu wyników przeprowadzonych badań, w odniesieniu do możliwości utrzymania wyniku repozycji zamkniętej w unieruchomieniu opatrunkiem gipsowym, można stwierdzić, że złamania należące do grupy A2 i C1 są złamaniami, które po pierwotnej poprawnej repozycji zamkniętej, wykazują niewielką tendencję do występowania przemieszczeń wtórnych. Złamania należące do grup A3, C2 i C3, w odróżnieniu od poprzednich, są złamaniami o charakterze wysoce niestabilnym i nawet przypadku anatomicznego odtworzenia kształtu końca dalszego kości promieniowej drogą repozycji zamkniętej należy liczyć się z dużym ryzykiem wystąpienia przemieszczeń wtórnych.

Wyniki badań dotyczących możliwości odtworzenia ciągłości powierzchni stawowej w złamaniach należących do typu C wskazują na duże trudności w jej odtworzeniu w złamaniach należących do grupy C3. Duże ryzyko artrozy pourazowej związane z przerwaniem ciągłości powierzchni stawowej, potwierdzone wieloma badaniami klinicznymi, uprawed demonstrated evidence of radiocarpal joint arthrosis, the percentage rising to 100% in patients with articular surface step-offs exceeding 2 mm. Melone [11] similarly claims that a dislocation exceeding 2 mm produces a permanent lack of congruency in the radiocarpal joint, which poses the threat of rapidly developing arthrosis. Bradway et al. [48] confirm the claim that articular surface step-offs exceeding 2 mm cause posttraumatic arthrosis, while also observing arthrosis symptoms in 25% of patients with articular surface step-offs < 2 mm. Other authors [18,49,50, 51] have reported that even a step-off exceeding 1 mm produces pain and limited wrist mobility.

The present study has not revealed any statistically significant differences between groups C1 and C2, at the same time demonstrating such differences between groups C1 and C3, and groups C2 and C3, which suggests the necessity of a more in-depth analysis of morphological differences between these groups. According to the AO classification, groups C1 and C2 include fractures with the presence of two or more fractured bone fragments, while group C3 involves comminuted fractures.

The lack of clear differences with respect to the possibility of articular surface continuity restoration between groups C1 and C2 as well as the finding of statistically significant differences between these groups and group C3 may point at the presence of more than two fractured bone fragments as the major reason for these observations.

In summary, as regards the possibility of maintaining the outcome of closed reduction by plaster cast immobilization, it may be stated that A2 and C1 fractures are unlikely to be complicated by redisplacement following properly conducted primary closed reduction. On the contrary, A3, C2 and C3 fractures are characterized by high instability and even an appropriate restoration of the distal radius by means of closed reduction will usually not prevent a serious risk of redisplacement.

The results of studies concerning restoration of articular surface continuity in type C fractures have revealed considerable restoration difficulties in C3 fractures. A serious risk of posttraumatic arthrosis associated with disrupted articular surface continuity, confirmed in a number of clinical studies, makes it possible to conclude that fractures of this type ought not to be treated by closed reduction. An AO-based assessment of potential difficulties in restoration of articular surface continuity is essential inasmuch as it helps to avoid multiple bloodless reduction procedures, each of which additionally affects prognosis.

nia do stwierdzenia, że złamania należące do tej grupy nie powinny być leczone metodą repozycji zamkniętej. Ocena potencjalnych trudności w odtworzeniu ciągłości powierzchni stawowej, oparta o klasyfikację AO jest o tyle istotna, że pozwala na uniknięcie nierzadko wielokrotnie powtarzanych prób repozycji bezkrwawej, z których każda stanowi dodatkowy czynnik pogarszający rokowanie.

WNIOSKI

1. Złamania należące do grupy A3, C2 i C3 są złamaniami niestabilnymi, nawet w przypadku dobrego odtworzenia kształtu dalszego końca kości promieniowej metodą repozycji zamkniętej nie powinny być leczone opatrunkiem gipsowym.
2. Złamania należące do grupy C3 są złamaniami stwarzającymi bardzo duże trudności w odtworzeniu ciągłości powierzchni stawowej przy zastosowaniu metody repozycji zamkniętej.

CONCLUSIONS

1. A3, C2 and C3 fractures of the distal radius are characterized by high instability. They should therefore not be treated with plaster cast immobilization, even if the morphology of distal radius has been successfully restored by closed reduction.
2. The restoration of articular surface continuity in type C3 fractures can hardly be achieved by closed reduction.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Jupiter JB. Fractures of the distal end of the radius. J Bone Joint Surg Am 1991;73(3):461-9.
2. Golden GN.Treatment and prognosis of Colles' fracture. Lancet. 1963 Mar 9;1:511-5.
3. Hollingsworth R, Morris J. The importance of the ulnar side of the wrist in fractures of the distal end of the radius. Injury 1976;7(4):263-6.
4. Owen RA, Melton LJ 3rd, Johnson KA, Ilstrup DM, Riggs BL. Incidence of Colles' fracture in a North American community. Am J Public Health 1982;72(6):605-7.
5. Graff S, Jupiter J. Fracture of the distal radius: classification of treatment and indications for external fixation. Injury 1994;25 Suppl 4:S-D14-25.
6. Fernandez DL. Fractures of the distal radius. Springer-Verlag, 2nd edition, 2002.
7. Gartland JJ Jr, Werley CW.Evaluation of healed Colles' fractures.J Bone Joint Surg Am. 1951 Oct;33-A(4):895-907.
8. Fernandez DL. Distal radius fracture: the rationale of a classification.Chir Main 2001; 20(6):411-25.
9. Krämer KL, Maichl FP. Scores, bewertungsschemata und klassifikationen in orthopädie und traumatologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1993.
10. Frykman G. Fracture of the distal radius including sequelae-shoulder-hand-finger syndrome, disturbance in the distal radio-ulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. Acta Orthop Scand 1967;Suppl 108:3+.
11. Melone CP Jr.Distal radius fractures: patterns of articular fragmentation. Orthop Clin North Am 1993;24(2):239-53.
12. Jenkins NH . The unstable Colles' fracture.J Hand Surg 1989; 14B: 149-54.
13. Rayhack JM. Symposium on distal radius fractures. Contemp Orthop 1990; 21: 71-104.
14. Cooney WP. Fractures of the distal radius: a modern treatment-based classification. Orthop Clin North Am 1993;24: 211-6.
15. Chapman MW.Chapman's Orthopaedic Surgery.2001, Lippincott Williams & Wilkins; 3rd edition.
16. Trumble TE, Culp RW, Hanel DP, Geissler WB, Berger RA. Intra-articular fractures of the distal aspect of the radius. Instr Course Lect 1999;48:465-80.
17. Jupiter JB, Fernandez DL. Comparative classification for fractures of the distal end of the radius. J Hand Surg Am 1997;22(4): 563-71.
18. Mehta JA, Bain GI, Heptinstall RJ. Anatomical reduction of intra-articular fractures of the distal radius. An arthroscopically-assisted approach. J Bone Joint Surg Br 2000;82(1):79-86.
19. Doi K, Hattori Y, Otsuka K, Abe Y, Yamamoto H. Intra-articular fractures of the distal aspect of the radius: arthroscopically assisted reduction compared with open reduction and internal fixation. J Bone Joint Surg Am 1999;81(8):1093-110.
20. Yetkinler DN, Ladd AL, Poser RD, Constantz BR, Carter D. Biomechanical evaluation of fixation of intra-articular fractures of the distal part of the radius in cadavera: Kirschner wires compared with calcium-phosphate bone cement.J Bone Joint Surg Am. 1999 Mar;81(3):391-9.
21. Niedźwiedź Z. Leczenie wieloodłamowych zlamań nasady dalszej kości promieniowej metodą stabilizacji zewnętrznej aparatem własnej konstrukcji. Chirurgia Narzadów Ruchu i Ortopedia Polska1999; 64 (1), 91-97.
22. Bradway JK, Amadio PC, Cooney WP. Open reduction and internal fixation of displaced, comminuted intra-articular fractures of the distal end of the radius. J Bone Joint Surg Am 1989;71(6):839-47.
23. Drobetz H, Kutscha-Lissberg E. Osteosynthesis of distal radial fractures with a volar locking screw plate system. Int Orthop 2003;27(1):1-6.

24. Flikkila T, Nikkola-Sihto A, Kaarela O, Paakko E, Raatikainen T. Poor interobserver reliability of AO classification of fractures of the distal radius. Additional computed tomography is of minor value. J Bone Joint Surg Br. 1998;80(4):670-2.
25. McQueen MM.Redisplaced unstable fractures of the distal radius. A randomised, prospective study of bridging versus non-bridging external fixation. J Bone Joint Surg Br 1998;80(4):665-9.
26. Wakefield AE, McQueen MM. The role of physiotherapy and clinical predictors of outcome after fracture of the distal radius. J Bone Joint Surg Br 2000;82(7):972-6.
27. Rogachefsky RA, Lipson SR, Applegate B, Ouellette EA, Savenor AM, McAuliffe JA. Treatment of severely comminuted intra-articular fractures of the distal end of the radius by open reduction and combined internal and external fixation. J Bone Joint Surg Am 2001;83-A(4):509-19.
28. Larysz D, Gusta A, Raczek S, Przybylski R. Znaczenie i wpływ sił rozciągających na nadgarstek w leczeniu przezstawowych i wieloodłamowych złamań dalszej części kości promieniowej dystraktorem zewnętrznym. Chirurgia Narzadów Ruchu i Ortopedia Polska1999;64 (1), 5-9.
29. International Wrist Investigators' Workshop Terminology Committee. Wrist: terminology and definitions. J Bone Joint Surg Am 2002;84-A Suppl 1:1-73.
30. Abbaszadegan H, Jonsson U, von Sivers K. Prediction of instability of Colles' fractures. Acta Orthop Scand 1989;60(6):646-50.
31. Canale ST. Campbell's Operative Orthopedics, 10th edition.Mosby, 2003.