

Przyczyny niepowodzeń leczenia złamań trzonów kości przedramienia w materiale własnym

Possible Causes of Failure in Treatment of Forearm Bone Shaft Fractures – Own Experience

Maciej Piotrowski^(A,B,C,D,E,F), Rafał Pankowski^(B,D,E), Piotr Łuczkiwicz^(B,D,F),
Lucjan Samson^(B,D,F), Agnieszka Łabuć^(B,D)

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Akademia Medyczna, Gdańsk
Department of Orthopaedics and Musculoskeletal Traumatology, Medical University of Gdańsk

STRESZCZENIE

Wstęp. Po leczeniu nieoperacyjnym złamań trzonów kości przedramienia u dorosłych obserwujemy duży odsetek wystąpienia stawów rzekomych. Również w leczeniu operacyjnym popełnione przez leczonego błędy często owocują powikłaniami zrostu. Z tego względu podjęliśmy się próby znalezienia błędów popełnionych w trakcie leczenia lub innych czynników mogących mieć wpływ na wystąpienie powikłań zrostu trzonów kości przedramienia.

Materiał i metody. Analizowaliśmy przyczyny powstania 67 stawów rzekomych u 53 pacjentów. W badanej grupie znajdowało się 17 kobiet, 36 mężczyzn. Chorzy byli w wieku od 18 do 85 lat. W badanej grupie 35 było leczonych otwartą repozycją oraz zespoleniem płytą i śrubami, 11 chorych leczono zamkniętą lub otwartą repozycją i stabilizacją drutami Kirschnera, a u 4 chorych zastosowano repozycją zamkniętą i unieruchomieniem w opatrunku gipsowym. W grupie 3 pacjentów użyto innych metod.

Wyniki. W grupie chorych leczonych otwartą repozycją i zespoleniem płytą stwierdziliśmy wystąpienie następujących powikłań mogących utrudniać uzyskanie zrostu: złamanie płyty, błędy techniczne, obluźnianie śrub, stan zapalny kości oraz inne powikłania. W grupie chorych leczonych zamkniętą lub otwartą repozycją i stabilizacją drutami Kirschnera znaleźliśmy czynniki mogące utrudniać powstanie zrostu, takie jak: złamania otwarte, niedokładna repozycja złamań, nieprawidłowo wprowadzone druty Kirschnera

Wniosek. W celu zmniejszenia prawdopodobieństwa powstania stawu rzekomego w trakcie leczenia złamania obu trzonów kości przedramienia najsluszniejsze wydaje się zastosowanie stabilnego zespolenia np. płytą i śrubami z unikaniem popełnienia błędów technicznych

Słowa kluczowe: staw rzekomy, przedramię, leczenie operacyjne

SUMMARY

Background. Non-surgical treatment of forearm shaft fractures in adults is associated with a high incidence of non-union. Operator errors during surgery also often result in bone union complications. We attempted to identify the errors made during the treatment or other factors that might influence the development of forearm shaft union complications.

Materials and methods. We have analysed the causes of 67 cases of non-union in 53 patients (17 women and 36 men), aged 18 to 85 years. Thirty-five patients were treated by open repositioning and fixation with plates and screws, 11 patients were treated by closed or open reposition and stabilization with Kirschner wires, and 4 patients had closed reposition and immobilization in a plaster cast. Other methods were used in 3 patients.

Results. In the group treated by open reposition and plate fixation, we found the following complications that might impede bone union: plate fracture, technical errors, screw loosening, bone inflammation, and other complications. In the group treated by closed or open repositioning and stabilization with Kirschner wires, we found the following factors that might impede bone union: open fractures, inaccurate fracture repositioning and inappropriately inserted Kirschner wires.

Conclusion. Using rigid fixation, for example with a plate and screws, and avoidance of technical errors seem to be the most appropriate measures helping to decrease the risk of non-union during treatment of a fracture of both forearm shafts.

Key words: nonunion, forearm, operative treatment

WSTĘP

Wysoki rozwój mechanizacji oraz wymogi szybkiego transportu przyczyniają się nie tylko do wzrostu liczby urazów, a także do znaczącego zwiększenia się odsetka ciężkich obrażeń ciała, takich jak: otwarte i wieloodłamowe złamania [1,2,3]. Uszkodzenia kości tego typu często są powikłane zaburzeniami zrostu, włącznie ze stawem rzekomym [4,5]. Znaczący odsetek powstawania stawów rzekomych po złamaniach trzonów kości przedramienia wynosi od 2,9% wg Andersona, przez 7,3% wg de Burena, do 12% u Czałbowski [5,6,7]. Wpływ na tak duży odsetek powikłań zrostu ma specyficzna budowa anatomiczna przedramienia. Dwie równoległe do siebie leżące kości, połączone stawami oraz błoną międzykostną, wzajemnie na siebie oddziałujące w obecności mięśni, tworzą zamknięty układ, w którym każdy z elementów wpływa na funkcje pozostałych składowych. Relacje te powodują, że napotykamy duże kłopoty z nastawieniem odłamów kostnych i utrzymaniem repozyycji oraz osiągnięciem zrostu [6,8,9,10]. Użycie niewłaściwej metody leczenia lub popełnienie błędu w trakcie kuracji, może dodatkowo zwiększyć ryzyko powstania powikłań zrostu kości.

W niniejszej pracy podjęto próbę znalezienia błędów popełnionych w trakcie leczenia lub innych czynników mogących mieć wpływ na wystąpienie powikłań zrostu trzonów kości przedramienia. Zbadano 62 chorych oraz retrospektywnie przeanalizowano ich dokumentację medyczną. Większość z nich pierwotnie była zaopatrywana w innych ośrodkach medycznych, dlatego też u niektórych pacjentów przebieg leczenia nie był w pełni udokumentowany. Z tego powodu 9 chorych zostało wykluczonych z dalszej analizy.

MATERIAŁ I METODA

Badaniu poddano 53 pacjentów z 67 stawami rzekomymi leczonych w Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Akademii Medycznej w Gdańsku w latach 1976-2006. W analizowanej grupie chorych 31 przebyło złamanie obu trzonów kości przedramienia, 12 doznało złamania trzonu kości promieniowej, a 10 kości łokciowej. Dokładną lokalizację złamań przedstawia Tabela 1. U 9 chorych z tej grupy rozpoznano złamanie Galeazzi, u 4 złamanie Monteggia, a u 2 ekwiwalent I złamania Monteggia [11]. Badaną grupę stanowiło 17 kobiet i 36 mężczyzn w wieku od 18 do 85 lat (średnia 33 lata). Stwierdzono u nich 33 stawy rzekome trzonu kości promieniowej i 34 stawy rzekome trzonu kości łokciowej, w tym u pacjentów ze złamaniem obu kości

BACKGROUND

A high level of mechanization and the requirements of fast transport lead not only to an increase in the incidence of traumas but also to a significant increase in the proportion of severe bodily injuries such as open and comminuted fractures [1,2,3]. Bone injuries of this kind often cause complications, including non-union [4,5]. Experts have estimated the incidence of non-union of forearm shaft fractures at 2.9% (Anderson), 7.3% (Buren) and 12% (Czałbowska) [5,6,7]. The unique anatomy of the forearm contributes to the high incidence of bone union complications. Two parallel-positioned bones articulate at joints and are connected by an interosseous membrane. They interact and, together with muscles, form a closed structure where each component has an impact on the function of the other components. These relations make the reposition of bone fragments, maintaining the reposition and achieving bone union a serious problem [6,8,9,10]. The use of an inappropriate treatment technique or a treatment error may additionally increase the risk of bone union complications.

This study is an attempt to identify the errors made during treatment or other factors that may lead to forearm shaft union complications. A total of 62 patients were examined and their medical records were analysed retrospectively. Some of the patients had initially been treated in other centers and so their course of treatment was not fully documented. Therefore, nine patients were excluded from further analysis.

MATERIAL AND METHOD

The study analyzed 67 cases of non-union in 53 patients treated at the Department of Orthopedics and Musculoskeletal Traumatology at the Medical University of Gdańsk between 1976 and 2006. The study group included 31 patients with shaft fractures of both forearm bones, 12 with a radial shaft fracture and 10 with an ulnar fracture. The exact sites of fractures are presented in Table 1. Nine patients had a Galeazzi fracture, 4 a Monteggia fracture and 2 a Monteggia type-I equivalent fracture [11]. The study group consisted of 17 women and 36 men aged 18-85 years (mean 33 years). There were 33 cases of radial shaft non-union and 34 cases of ulnar shaft non-union, with 45 cases of non-union in patients with fractures of both forearm bones (ulnar in 10

Tab. 1. Lokalizacja 84 złamań trzonów kości przedramienia

Tab. 1. Location of 84 fractures of forearm bone shafts

	złamanie w 1/3 bliższej trzonu proximal third of shaft	złamanie w 1/3 środkowej trzonu median third of shaft	złamanie w 1/3 dalszej trzonu distal third of shaft
złamanie R/U fracture	3	46	13
złamanie R fracture	-	5	7
złamanie U fracture	6	4	-

R/U – kość promieniowa i łokciowa/ulna and radius

R – kość promieniowa/radius

U – kość łokciowa/ulna

przedramienia doszło do powstania 45 stawów rzekomych: 10 kości łokciowej, 7 kości promieniowej i 28 obu kości.

Pacjentów poddano analizie retrospektywnej na podstawie posiadanej dokumentacji medycznej, zdjęć rtg oraz badania fizykalnego i wywiadu z chorym. Próbowano ustalić najbardziej prawdopodobną przyczynę powstania zaburzeń zrostu kości, a następnie badanych chorych podzielono na następujące 3 grupy w zależności od zastosowanej metody leczenia świeżego złamania trzonu kości przedramienia:

Grupa 1. 35 badanych było leczonych otwartą repozycją oraz zespoleniem płytą i śrubami wg AO. Tą metodą zaopatrzone 50 złamań: 32 złamania obu trzonów kości przedramienia (16 chorych), 10 kości promieniowej i 8 kości łokciowej. U pacjentów tych doszło do powstania 41 stawów rzekomych: 15 w kości promieniowej, 14 w kości łokciowej i 12 w obu kościach równocześnie.

Grupa 2. 11 chorych (10 złamań obu kości przedramienia, 1 złamanie Galeazzi) leczonych zamkniętą lub otwartą repozycją i stabilizacją drutami Kirschnera. U pacjentów z tej grupy doszło do powstania 17 stawów rzekomych. Natomiast u 4 chorych ze złamaniem obu kości przedramienia leczonych repozycją zamkniętą i unieruchomieniem w opatrunku gipsowym, stwierdziliśmy brak zrostu 6 kości.

Grupa 3. 3 pacjentów (1 złamanie obu kości przedramienia, 1 złamanie kości promieniowej, 1 złamanie dwupoziomowe kości łokciowej) leczonych innymi metodami niż badani w grupie 1 i 2. U chorych tych zastosowano następujące leczenie: gwóźdź Küntschera, pręt Rusha, unieruchomienie gipsowe obejmujące staw łokciowy przy złamaniu dwupoziomym kości łokciowej.

patients, radial in 7 patients and both radial and ulnar in 28 patients).

A retrospective analysis was carried out on the basis of the available medical records, radiographs, physical examination and histories obtained from the patients. We attempted to identify a probable cause of the malunion in each patient, following which the patient was assigned to one of 3 groups with respect to the technique used to treat a fresh forearm shaft fracture.

Group 1. Thirty-five patients were treated by open repositioning and fixation with plates and screws according to AO principles. This technique was used in 50 fractures, including 32 fractures of both forearm shafts (16 patients), 10 radial fractures and 8 ulnar fractures. There were 41 cases of non-union in these patients, including 15 radial non-unions, 14 ulnar non-unions and 12 non-unions of both bones.

Group 2. Eleven patients (10 fractures of both forearm bones, 1 Galeazzi fracture) were treated by closed or open repositioning and stabilization with Kirschner wires. There were 17 cases of non-union in this group of patients. Four patients with fractures of both forearm shafts treated by closed repositioning and immobilization in a plaster cast presented with non-union of 6 bones.

Group 3. Three patients (1 fracture of both forearm bones, 1 radial fracture, 1 double ulnar fracture) treated with other techniques than the patients in Group 1 and 2. These patients were treated with a Küntscher nail, Rush rod, and immobilization in a plaster cast not including the elbow joint, in the case of a double ulnar fracture.

A statistical analysis of the entire study group and subgroups was carried out in order to identify the

Badanych chorych całościowo oraz w poszczególnych grupach poddano analizie statystycznej celem wyłonienia najczęstszych możliwych czynników prowadzących do zaburzeń zrostu kostnego trzonów kości przedramienia.

WYNIKI

Około 2/3 wszystkich złamań było zlokalizowanych w 1/3 środkowej części trzonów na obu kościach. Różnica ta jest istotna statystycznie, zarówno dla kości promieniowej jak i łokciowej ($p < 0,0000$). W przypadku kości promieniowej drugą lokalizacją pod względem częstości złamań jest 1/3 dalsza, zaś w przypadku kości łokciowej 1/3 bliższa trzonów. Można stwierdzić, że występują istotne statystycznie różnice w lokalizacji złamania na poszczególnych kościach przedramienia ($\chi^2=10,1153$; $p < 0,0064$; $C=0,3244$). W obliczeniach statystycznych posłużono się testem D-Kolmogorowa-Smirnowa, służący do weryfikacji hipotezy o normalności rozkładu wyników. Wykorzystano również test niezależności chi kwadrat (χ^2), a także test oparty o statystykę F o rozkładzie F-Snedecora i test oparty o statystykę t o rozkładzie t-Studenta.

W grupie 1 stwierdzono wystąpienie następujących powikłań mogących utrudniać uzyskanie zrostu: złamanie płyty, błędy techniczne, obluźowanie śrub, stan zapalny kości oraz inne powikłania. Dokładne dane liczbowe stwierdzonych powikłań przedstawia Tabela 2. W 13 przypadkach powstania stawu rzekomego nie udało się określić żadnej prawdopodobnej przyczyny jego powstania. Jednak należy zauważyć, że 8 z nich powstało ze złamań bardziej skomplikowanych, takich jak: 4 po złamaniu wieloodłamowym, 3 po złamaniu spiralnym i 1 z odłamek pośrednim. Analizując zebrany materiał zaobserwowano, że doszło do powstania tylko 8 stawów rzekomych po zespoleniu płytą z obłożeniem szczeliny złamania przeszczepami mrożonymi. Natomiast w 38 przypadkach zaburzeń zrostu zauważono, że w leczeniu pierwotnym zastosowano tę samą metodę leczenia, lecz bez dodania przeszczepów mrożonych.

W grupie 2 znaleziono następujące czynniki mogące utrudniać powstanie zrostu:

- 6 chorych ze złamaniami otwartymi
- 2 przypadki niedokładnej repozycji
- 2 chorych z nieprawidłowo wprowadzonymi drutami Kirschnera.

W grupie 3 stwierdzono popełnienie następujących błędów w technice operacyjnej i diagnostyce:

- 1 chory ze złamaniem obu kości przedramienia, u którego zespolono gwoździem Küntschera tylko kość promieniową – powstał staw rzekomy kości łokciowej

most common factors leading to forearm shaft union complications.

RESULTS

Approximately two-thirds of all fractures were located in the median third of the shafts of both bones. This difference is statistically significant for both the radius and ulna ($p < 0.0000$). In the case of the radius, the distal third was the second most common fracture site, whereas in the case of ulna it was the proximal third of shaft. This leads to the conclusion that there were statistically significant differences in the site of fractures of particular forearm bones ($\chi^2=10.1153$; $p < 0.0064$; $C=0.3244$). The Kolmogorov-Smirnov D test, used to verify whether a data set is normally distributed, was employed for the statistical analyses together with the chi square test for independence (χ^2), an F-statistics test based on Snedecor's F-distribution and the Student t test.

Group 1 presented with the following complications that might impede bone union: plate fracture, technical errors, screw loosening, bone inflammation, and other. The detailed numerical data are shown in Table 2. No possible cause of bone non-union was identified in 13 cases. However, it needs to be pointed out that in 8 cases the non-union developed from more complicated fractures, with 4 comminuted fractures, 3 spiral fractures and one with a butterfly fragment. Analysis showed that there were only 8 cases of non-union following plate fixation and with implantation of frozen grafts in the fracture fissure. It was also noted that the same treatment technique minus the application of frozen grafts had been employed in 38 cases of mal-union.

The following factors that might impede bone union were identified in Group 2:

- 6 patients with open fractures
- 2 cases of inaccurate repositioning
- 2 patients with inappropriately inserted Kirschner wires

The following errors in operational technique and diagnostic work-up were identified in Group 3:

- non-union of the ulna in one patient with fracture of both forearm bones who only had his radial bone fixed with a Küntscher wire
- one patient treated by an inappropriately inserted Rush rod. The rod was not inserted into the medullary canal of the distal fragment of the radius, resulting in non-union
- one case of ulnar non-union in a double ulnar

Tab. 2. Stwierdzone powikłania w trakcie leczenia otwartą repozycją i zespoleniem płytą

Tab. 2. Complications found during treatment by open repositioning and plate fixation

przyczyna nieznana unidentified cause	13		
błędy techniczne technical errors	11	niedokładna repozycja złamania inaccurate fracture repositioning	3
		śruba w szczelinie złamania lub umiejscowiona zbyt blisko screw inserted into or too close to the fissure fracture	5
		zespolenie tylko 1 kości przy złamaniu obu repositioning of only one bone in case of fracture of both bones	2
		płyta z 1 śrubą w odłamie dalszym plate and one screw in distal fragment	1
złamanie płyty plate fracture	8		
stan zapalny kości bone inflammation	8		
inne powikłania other complications	7	stan zapalny rany inflammation in wound	1
		zespół Sudecka Sudeck's syndrome	2
		podwichnięcie głowy kości łokciowej subluxation of ulnar head	3
		uszkodzenie nerwu promieniowego injury to radial nerve	1
obluzowanie śrub screw loosening	6		

- 1 pacjent leczony zespoleniem prętem Rusha, który został nieprawidłowo wprowadzony. Pręt nie wchodził do kanału szpikowego odłamu dalszego kości promieniowej – powstał staw rzekomy kości promieniowej,
- 1 złamanie kości łokciowej na dwóch poziomach, gdzie pierwotnie nie rozpoznano złamania w odcinku bliższym i leczono unieruchomieniem gipsowym, które nie obejmowało stawu łokciowego – powstał 1 staw rzekomy kości łokciowej.

DYSKUSJA

Na podstawie zebranego materiału spróbowano dokonać analizy przebiegu leczenia badanej grupy chorych i znaleźć przyczyny powstania stawów rzekomych trzonów kości przedramienia. Około 2/3 wszystkich złamań było zlokalizowanych w 1/3 środkowej części trzonów kości promieniowej i łokciowej. Zdaniem Smitha lokalizacja złamania w połowie długości kości przedramienia jest czynnikiem wpływającym na powstanie stawów rzekomych kości przedramienia [12]. W przypadku kości promieniowej drugą lokalizacją pod względem częstości złamań była 1/3 dalsza, zaś w przypadku kości łokciowej 1/3 bliższa trzonu. Smith uważa, że właśnie taka lokalizacja w odniesieniu do izolowanych złamań kości promieniowej i łokciowej predysponuje

fracture following treatment by immobilization in a below-elbow plaster cast, as the proximal fracture was not initially diagnosed.

DISCUSSION

On the basis of the data gathered we attempted to analyse the course of treatment in the study group and identify the causes of non-union of forearm shaft bones. Approximately two-thirds of all fractures were located in the median third of the radial or ulnar shaft. According to Smith a fracture halfway along the length of a forearm bone is a predisposing factor for the development of a non-union [12]. In the case of the radius the distal third was the second most common fracture site, whereas in the case of the ulna it was the proximal third of the shaft. Smith believes that this location of isolated radial or ulnar fractures predisposes the patient to non-union [12]. It is associated with decreased fracture stability at this site even if only one bone is broken [13]. De Buren main-

do powstania stawu rzekomego [12]. Wiąże się to z mniejszą stabilnością złamania w tym miejscu nawet, gdy uszkodzona jest tylko jedna kość [13]. De Buren twierdzi, że stawy rzekome prawie dwukrotnie częściej spotykane są po złamaniach obu kości przedramienia, niż po złamaniu jednej z nich [5]. W analizowanej przez nas grupie chorych stwierdzono, że 70% stawów rzekomych powstało po złamaniu obu trzonów kości przedramienia.

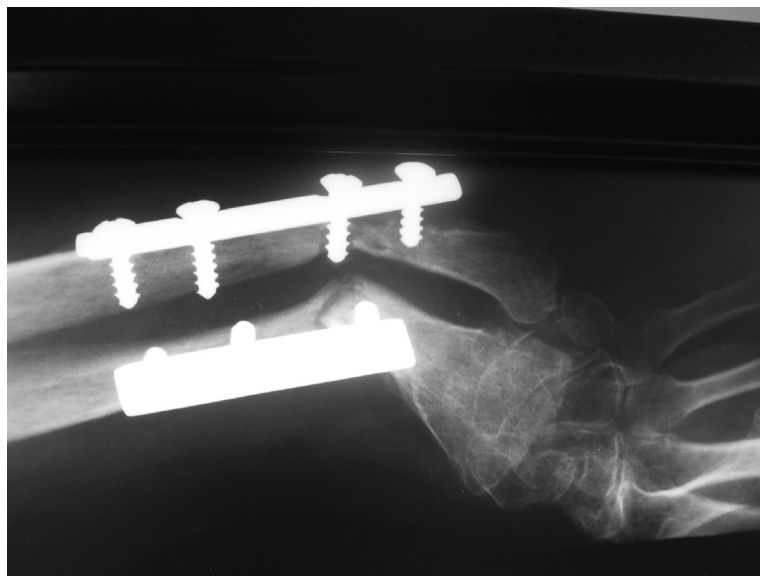
Wśród chorych zakwalifikowanych do niniejszego badania, 4 było leczonych zamkniętą repozycją i unieruchomieniem podłużnikiem ramiennym, u 11 natomiast po nastawieniu złamania zespolono kości śródściżkowo drutami Kirschnera i również użyto opatrunki gipsowe. Zastosowanie tych metod w leczeniu 14 chorych ze złamaniami obu trzonów kości przedramienia i u 1 ze złamaniem Galeazzi mogło być przyczyną powstania stawu rzekomego. Przemieszczone złamania obu trzonów kości przedramienia, złamanie Galeazzi i Monteggia uważane są przez znawców tematyki za niestabilne i powinny być u dorosłych leczone otwartą repozycją i stabilnym zespoleniem [13,14]. Również nieprzemieszczone złamanie może ulec wtórnie zagięciu lub stracić repozycję w trakcie leczenia opatrunkiem gipsowym [13]. Powodem tego jest brak możliwości całkowitego unieruchomienia przedramienia w trakcie leczenia nieoperacyjnego. Opatrunek gipsowy obejmujący rękę, przedramię i ramię, nie wyłącza całkowicie możliwości zaistnienia ruchu w miejscu złamania. Działanie mięśni przedramienia pogłębiane jest funkcją mięśnia trójgłowego i dwugłowego ramienia. W celu wyłączenia ich szkodliwego wpływu należałoby dodatkowo ustabilizować staw ramienny. Ruchy palców także mają wpływ na brak mechanicznego spokoju w miejscu złamania. Również z tego powodu zespolenie śródściżkowe drutami Kirschnera u dorosłych nie jest zalecane, ponieważ nie daje wystarczającego unieruchomienia [15]. Według Naimana zespolenie drutami Kirschnera w 38% kończy się niepowodzeniem, w stosunku do 4% po zespoleniu płytami [16]. Innymi czynnikami, które stwierdzono w badanej grupie chorych i mogącymi mieć wpływ na powstanie stawu rzekomego były: 2 przypadki niedokładnej repozycji oraz nieprawidłowo wprowadzono druty Kirschnera u 2 chorych.

W badanej grupie chorych, 35 było leczonych otwartą repozycją i zespoleniem płytą zabezpieczającą. Analizując retrospektywnie historię chorób tej grupy pacjentów u 11 z nich stwierdzono, że prawdopodobną przyczyną powstania stawów rzekomych były błędy techniczne popełnione w trakcie zabiegu operacyjnego. Należały do nich: niedokładna repozycja złamania, śruba zespalająca blisko szczeliny

tains that bone non-union is almost twice as common following fractures of both forearm bones as following a fracture of only one bone [5]. The analysis of the study group showed that 70% of non-unions had developed after fractures of both forearm bones.

The study group included 4 patients treated by closed reposition and immobilization in a plaster cast and 11 patients in whom, after reposition of the fracture, the bones were fixed with intramedullary Kirschner wires and also stabilized with plaster casts. The use of these techniques in 14 patients with fractures of both forearm shafts and 1 patient with a Galeazzi fracture could have underlain the development of non-union. Experts believe that displaced fractures of both forearm bones, Galeazzi fractures and Monteggia fractures are unstable and should only be treated by open repositioning and stable fixation in adults [13,14]. Also in the course of plaster cast immobilization, an undisplaced fracture may undergo secondary angulation or there may be loss of reduction [13]. This results from the inability to ensure complete immobilization of the forearm during non-surgical treatment. A plaster cast applied to the hand, forearm and shoulder does not entirely prevent movement at the fracture site. The activity of forearm muscles is enhanced by the function of the triceps and biceps brachii. In order to prevent their harmful effect, the shoulder joint should also be stabilized. Finger movement also affects mechanical stability at the fracture site. This is also the reason why intramedullary fixation with Kirschner wires is not recommended in adults on account of not providing sufficient immobilization [15]. According to Naiman, fixation with Kirschner wires is unsuccessful in 38% of cases, compared with a 4% failure rate following plate fixation [16]. Other factors leading to non-union that were identified in the study group were 2 cases of inaccurate repositioning and improper insertion of Kirschner wires in 2 patients.

The study group included 35 patients treated by open repositioning and plate fixation. A retrospective analysis of patients' histories led to the conclusion that non-union in 11 patients had probably resulted from technical errors made during surgical procedures. These included: inaccurate repositioning of the fracture, insertion of the screw close to or in the fissure, fixation of only one bone in case of a fracture of both forearm bones, insertion of only one screw in the distal bone fragment (Fig. 1, Fig 2). The conclusion that the screws were inserted too close to the fracture site was based on the report by Dodge and Cady, who believe that screws should be inserted at a minimum distance of 1 cm from the fracture fissure [17]. The retrospective analysis of the course of



Ryc. 1. Zespolenie złamania kości promieniowej płytą z jedną śrubą w odłamie dalszym oraz dwoma w odłamie bliższym doprowadziło do obluzowania materiału zespalającego i powstania stawu rzekomego obu kości przedramienia

Fig. 1. Plate fixation of a radial bone fracture with one screw in the distal fragment and two screws in the proximal fragment resulted in loosening of the fixation material and the development of a pseudoarthrosis in both forearm bones



Ryc. 2. Zespolenie złamania kości przedramienia z widoczną niedokładną repozycją odłamów

Fig. 2. Fixation of a forearm bone fracture with visible inaccurate repositioning of fragments

złamania lub umiejscowiona w samej szczelinie, zespolenie tylko 1 kości przy złamaniu obu kości przedramienia, wprowadzenie tylko 1 śruby w odłam dalszy (Ryc. 1, Ryc. 2). Stwierdzając w niniejszej pracy, że śruby są umieszczone zbyt blisko miejsca złamania opierano się na zdaniu Dodgea i Cadyego, którzy uważają, że śruby powinny być wprowadzane w odległości nie mniejszej niż 1 cm od szczeliny złamania [17]. Retrospektywna analiza przebiegu leczenia w badanej grupie chorych wykazała utratę stabilności nieprawidłowo wprowadzonych śrub i ich prze-

treatment in the study group revealed a loss of stability of inaccurately inserted screws and their displacement into the fracture fissure. Fourteen patients had a fracture of the fixation plate or screw loosening resulting in fixation instability. There is a common belief that fixation stability is necessary to achieve bone union [5,6,13,17,18,19]. This has been confirmed by Stern and Drury, who showed that the incidence of non-union following treatment with a plate and 4 screws is four times higher than following treatment with five or more screws [20].

mieszczanie do szczeliny złamania. Złamanie płyty zespalającej lub obluzowanie się śrub stwierdzono u 14 chorych, co spowodowało niestabilność zespolenia. Panuje powszechny pogląd, że wytrzymałość zespolenia jest nieodzownym czynnikiem zapewniającym zrost kości [5,6,13,17,18,19]. Potwierdzili to Stern i Drury wykazując, że czterokrotnie wyższy jest odsetek stawów rzekomych po zastosowaniu płyty i 4 śrub, niż po użyciu w zespoleniu pięciu lub więcej śrub [20].

U 8 chorych wystąpił stan zapalny operowanej kości, którego konsekwencją było obluzowanie się materiału zespalającego, a to z kolei predysponuje do powstania stawu rzekomego [21]. Innymi powikłaniami, które wystąpiły i mogły mieć wpływ na utrudnienie osiągnięcia zrostu kości u badanych chorych były: stan zapalny rany pooperacyjnej, zespół Sudecka, podwichnięcie głowy kości łokciowej i jatrogenne uszkodzenie nerwu promieniowego. W przypadku 13 chorych nie udało się określić żadnej prawdopodobnej przyczyny powstania stawu rzekomego. Jednak należy zauważyć, że 8 z nich powstało po złamaniu wieloodłamowym, spiralnym lub z odłamek pośrednim. Tego rodzaju złamania powodują uszkodzenie ukrwienia odłamów, a to może być przyczyną braku zrostu kości. De Buren uważa, że po złamaniach wieloodłamowych występuje trzykrotnie większy odsetek stawów rzekomych w stosunku do reszty typów złamań kości długich [5,22]. Analizując zebrany materiał zaobserwowano, że po leczeniu złamań zespoleniem płytą i śrubami z dodaniem przeszczepów mrożonych w okolicę szczeliny złamania doszło do powstania zaledwie 8 stawów rzekomych. Natomiast stwierdzono aż 38 stawów rzekomych po leczeniu tą samą metodą bez zastosowania przeszczepów mrożonych. Należy jednak bardzo ostrożnie podejść do tych obserwacji, ponieważ nie znamy całkowitej liczby operacji, w których nie użyto lub użyto przeszczepów i nie wiemy też, w jakim odsetku uzyskano zrost leczonych kości. Mimo to, spostrzeżenia te są zgodne ze zdaniem części autorów, którzy uważają, że jednym z czynników podwyższających odsetek zrostu kości, na który ma wpływ leczący złamanie kości przedramienia otwartą repozycją i zespoleniem płytą wg AO jest dodanie w okolicę szczeliny złamania przeszczepów gąbczastych, nawet podczas pierwotnego leczenia [5,23,24].

Powikłania pod postacią zaburzeń zrostu, pomimo prawidłowego postępowania operacyjnego z użyciem płytek, wiązane są często z koniecznością szerokiego oszkieletowania końców odłamów kostnych [19,23,25]. Zastosowanie stabilizatorów zewnętrznych lub gwoździ śródszpikowych blokowanych może być rozwiązaniem tego problemu. Ze względu na budo-

Eight patients developed inflammation of the operated bone, leading to loosening of the fixation material, which in turn predisposes to non-union [21]. Other complications that were observed and might impede bone union in the patients were: inflammation of the operative wound, Sudeck's syndrome, subluxation of the ulnar head, and iatrogenic injury to the radial nerve. No possible cause of bone non-union was identified in 13 patients. However, it needs to be pointed out that in 8 of those patients the non-union developed following comminuted fractures, spiral fractures and one fracture with a butterfly fragment. Such fractures lead to impaired blood supply to the bone fragments, which may result in non-union. De Buren believes that the incidence of non-union of comminuted fractures is three times higher than following all other long bone fractures [5,22]. Our analysis showed that there were only 8 cases of non-union after treatment by plate and screw fixation with frozen grafts inserted in the fracture fissure. However, there were 38 cases of non-union following treatment with the same technique, but without the use of frozen grafts. These observations, however, need to be approached with caution, since there is no exact data on the number of surgical procedures performed with or without the use of grafts. Also the percentage of cases with successful bone union is unknown. Nonetheless, these observations are consistent with the opinion of some authors that, apart from the operator using open repositioning and plate fixation according to AO principles, additional insertion of spongy bone grafts into the region of fracture fissure is a factors increasing the probability of successful bone union.

Despite appropriate surgical treatment with the use of plates, bone union complications are often connected with the necessity of performing extensive bone denudation at the edges of bone fragments [19,23,25]. The use of external stabilization or locked intramedullary nails may solve this problem. Due to the anatomical structure it is necessary to restore the curved shape of the radius in order for the forearm to fully regain its mobility range. This, along with the possibility of damaging nerves or blood vessels while locking the nail, poses some technical difficulties in using it [26]. However, the application of a Zespol or Polfix system is more complicated than the use of plates while frequent inflammation of soft tissue around the inserted screws is an additional disadvantage. This results from the mechanics of the forearm and continuous irritation to the skin, fascia and muscles [27,28].

Two patients in the study group were treated by intramedullary fixation. Only the radial bone was

wę anatomiczną, konieczne jest odtworzenie wygięcia kości promieniowej dla pełnego powrotu zakresu ruchu przedramienia [9]. Problem ten jak i możliwość uszkodzenia nerwów czy naczyń krwionośnych podczas blokowania gwoźdźcia obarcza jego użycie trudnościami technicznymi [26]. Natomiast zastosowanie systemu Zespol czy Polfix jest bardziej skomplikowane niż użycie płytek, a jego wadą są często występujące stany zapalne tkanek miękkich w okolicy wkrętów. Wynika to z mechaniki przedramienia i stałego drażnienia skóry, powięzi oraz mięśni [27,28].

W badanej przez nas grupie, 2 chorych leczonych było zespoleniem śródszpikowym. U pacjenta ze złamaniem obu trzonów kości przedramienia zespolono gwoździem Küntschera jedynie kość promieniową. Doprowadziło to do zrostu operowanej kości, niestety z powstaniem stawu rzekomego kości łokciowej. Drugi chory nie osiągnął zrostu kości promieniowej z powodu błędu przy wprowadzaniu pręta Rusha, który został umiejscowiony poza kanałem szpikowym odłamu bliższego.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można przychylić się do opinii wielu autorów, że przyczyny braku zrostu prawie zawsze mają charakter miejscowy [15,29]. Duża liczba popełnionych przez leczących błędów w przedstawionym materiale mogła mieć wpływ na powstanie powikłań zrostu kostnego. Watson-Jones wypowiedział kiedyś bardzo sugestywne słowa: „Stawy rzekome o wiele częściej zawdzięczać należy brakom chirurgów niż niewydolności osteoblastów” [30]. Duża liczba stawów rzekomych najczęściej jest następstwem złego nastawienia złamania, niedostatecznego unieruchomienia, błędów w technice operacyjnej, w tym rozległego szkieletowania [19,31]. Błędy, które zdarzyły się w trakcie leczenia w badanej grupie chorych w większości przypadków można było uniknąć. Za szandarowy przykład można tu podać chorego z nierozpoznanym dwupoziomowym złamaniem kości łokciowej bez przemieszczenia odłamów. Leczenie podłużnikiem gipsowym nieobejmującym stawu łokciowego nie zapewniło właściwego unieruchomienia kończyny i doprowadziło do powstania pseudoartrozy. Jednak nie tylko błędy chirurgów są przyczyną niepowodzeń. Nie można winić leczącego za brak zrostu złamania po urazie powodującym duży ubytek tkanki kostnej, bądź też z powodu jałowej martwicy pochodzenia naczyniowego w odłamie pośrednim. Nie zawsze można uniknąć ryzyka powstania stanu zapalnego kości pomimo stosowania odpowiedniej antybiotykoterapii. Frost podaje, że nieprawidłowości techniczne w 70-80% są przyczyną zrostów opóźnionych i stawów rzekomych, a defekty natury biologicznej lub kombinacja obu przyczyn tylko w 20-30% [29].

fixed with a Küntscher nail in the patient with the fracture of both forearm shafts. This led only to the union of the operated bone, but unfortunately at the same time caused the development of ulnar non-union. The other patient did not develop union of the radius due to an inaccurately inserted Rush rod, which was placed outside the medullary canal of the proximal fragment.

The results of the analysis are consistent with the opinion of the many authors saying that the causes of non-union are always local [15,29]. A large number of errors committed by the operators presented in this paper could lead to bone non-union. Watson-Jones once said some very meaningful words: "Non-union of fractures is due to the failure of surgeons much more than to the failure of osteoblasts" [30]. A large number of cases of non-union usually result from inappropriate repositioning of the fracture, insufficient immobilization, or errors in operative technique, including extensive bone denudation [19,31]. Most errors committed in the study group during treatment could be avoided. One representative example was the failure to diagnose a double ulnar bone fracture without displacement of bone fragments. Treatment by fixation in a below-elbow plaster cast did not properly immobilize the limb and led to the development of a pseudoarthrosis. However, it is not only surgical errors that cause failures. The operator cannot be blamed for non-union of a fracture in the presence of extensive damage to bone tissue or the development of aseptic necrosis of the butterfly fragment resulting from vascular disturbances. The risk of bone inflammation may not always be avoided even if appropriate antibiotic therapy has been instituted. According to Frost, 70-80% cases of delayed union or non-union result from technical errors, compared to only 20-30% due to biological defects or a combination of both. Although the application of appropriate treatment with respect to the type, extent and site of fracture will definitely reduce complications, including the development of non-union, they will still happen as long as there are fractures.

Stosowanie właściwego leczenia w zależności do typu, rozległości i umiejscowienia złamania na pewno zmniejszy ilość powikłań w tym powstanie stawów rzekomych, to jednak będą one istniały tak długo, jak będą istnieć złamania.

WNIOSEK

W celu zmniejszenia prawdopodobieństwa powstania stawu rzekomego w trakcie leczenia złamania obu trzonów kości przedramienia najszluszniejsze wydaje się zastosowanie stabilnego zespolenia np. płytą i śrubami wg AO bez popełniania błędów technicznych.

CONCLUSION

Stable fixation with plates and screws according to AO principles seems to be the best treatment technique serving to reduce the probability of the development of non-union in the treatment of shaft fractures of both forearm bones.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Boyd HB, Anderson LD, Johnston DS. Changing concepts in the treatment of nonunion. *Clin Orthop* 1965;43:37-54.
2. Sidorski T, Koprowski L, Przybylski J, Krawczyk E. Ocena kliniczna wartości różnych metod osteoplastycznej osteosyntezy zrostów opóźnionych i stawów rzekomych trzonów kości długich. *Chir Narz Ruchu i Ortop Pol* 1961;26(5):585-592.
3. Sogaard AJ, Gustad TK, Bjertness E, et al. Urban-rural differences in distal forearm fractures: Cohort Norway. *Osteoporos Int* 2007;18:1063-1072.
4. Boyd HB, Lipinski SW, Wiley JH. Observations on non-union of the shafts of the long bones, with a statistical analysis of 842 patients. *J Bone Joint Surg* 1961;43A:159.
5. De Buren N. Causes and treatment of non-union in fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg* 1962;44B:614-625.
6. Anderson LD, Sisk TD, Tooms RE, Park III WI. Compression-plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg* 1975;57A(3):287-296.
7. Czałbowska I, Deka Z, Moskwa J, Rycembel Z. Przyczyny powstawania zrostów opóźnionych i stawów rzekomych trzonów kości długich kończyny górnej i ich leczenie. *Chir Narz Ruchu i Ortop Pol* 1961;26(6):635-639.
8. Abalo A, Dossim A, Assiobo A, et al. Intramedullary fixation using multiple Kirschner wires for forearm fractures: a developing country perspective. *J Bone Joint Surg* 2007;15(3):319-322.
9. Schemitsch EH, Richards RR. The effect of malunion on functional outcome after plate fixation of fractures of both bones of the forearm in adults. *J Bone Joint Surg* 1992;74A:1068-1078.
10. Tarr RR, Garfinkel AI, Sarmiento A. The effects of rotational deformities of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg* 1984;66A(1):65-70.
11. Bado JL. The Monteggia lesion. Springfield, Illinois, Charles C Thomas, 1962.
12. Smith JEM. Internal fixation in the treatment of fractures of the shafts of the radius and ulna in adults. *J Bone Joint Surg* 1959;41B:122-131.
13. Burwell HN, Charnley AD. Treatment of forearm fractures in adults with particular reference to plate fixation. *J Bone Joint Surg* 1964;46B:404-429.
14. Evans EM. Fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg* 1951;33B:548-561.
15. Białecki S, Bojko M, Józefaciuk D, Leszek H i wsp. Przyczyny zrostu opóźnionego i stawów rzekomych trzonów kości długich. *Chir Narz Ruchu i Ortop Pol* 1961;26(5):597-604.
16. Naiman PT, Schein AJ, Siffert RS. Use of ASIF compression plates in selected shaft fractures of the upper extremity. *Clin Orthop* 1970;71:208-216.
17. Dodge HS, Cady GW. Treatment of fractures of the radius and ulna with compression plates. *J Bone Joint Surg* 1972;54A:1167-1176.
18. Grace TG, Eversman WW Jr The management of segmental bone loss associated with forearm fractures. *J Bone Joint Surg* 1980;62A:1150-1155.
19. Leung F, Chow S-P. A prospective, randomized trial comparing the limited contact dynamic compression plate with the point contact fixator for forearm fractures. *J Bone Joint Surg* 2003;85A(12):2343-2348.
20. Stern PJ, Drury WJ. Complications of plate fixation of forearm fractures. *Clin Orthop* 1983;175:25.
21. Rodriguez-Marchan EC, Forriol F. Nonunion: general principles and experimental data. *Clin Orthop* 2004;419:4-12.
22. Marsh JL, Buckwalter JA, McCollister-Evarts C. Delayed union, nonunion, malunion and avascular necrosis. In: Epps CH (ed). *Complications in orthopaedic surgery*. Ed 3 Philadelphia: JB Lippincott; 1994: 183-211.
23. Kaleta M, Małecki P, Tokarowski A, Kusz D. Wyniki leczenia złamań trzonów kości przedramienia sposobem stabilizacji płytkowej AO. *Chir Narz Ruchu i Ortop Pol* 1995;60(4):257-263.
24. Mikek M, Vidmar G, Tonin M, et al. Fracture-related and implant-specific factors influencing treatment results of comminuted diaphyseal forearm fractures without bone grafting. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004;124:393-400.
25. Małecki P, Kaleta M, Tokarowski A, Kusz D, Wójcik B. Wyniki leczenia złamań trzonów kości przedramienia płytką samoodcisową 3,5mm. *Chir Narz. Ruchu i Ortop Pol* 1997;62(5):393-399.
26. Campbell's operative orthopaedics. Mosby, 10th ed., St. Louis 2003.

27. Szostakowski T, Ramotowski W, Mazurkiewicz Z, Borowik S. Osteosynteza kości przedramienia metodą Polfix z zastosowaniem nietypowych wszczepów - doniesienie wstępne. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 1997;62(5):401-406.
28. Wieczorek Z, Bacia K, Stelmaszyński J, Helińska J. Wyniki leczenia złamań kości przedramienia leczonych stabilizatorem Zespol oraz płytką rynienkową w materiale własnym. Chir Narz Ruchu i Ortop Pol 1994;59(supl.2.):83-85.
29. Frost H.M. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part II Clin Orthop 1989;248:294-309.
30. Watson-Jones R. Fractures and joint injuries. E.&S. Livingstone Ltd., London 1955.
31. Ring D, Allende C, Jafarnia K, et al. Ununited diaphyseal forearm fractures with segmental defects: plate fixation and autogenous cancellous bone-grafting. J Bone Joint Surg 2004;86A(11):2440-2445.

Liczba słów/Word count: 6027

Tabele/Tables: 2

Ryciny/Figures: 2

Piśmiennictwo/References: 31

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Dr n. med. Maciej Piotrowski

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Akademia Medyczna

80-394 Gdańsk, ul. Bydgoska 4/27, tel. 0 600 35 29 71, e-mail: maciejpiotr@wp.pl

Otrzymano / Received

23.10.2008 r.

Zaakceptowano / Accepted

14.02.2009 r.