

# Analiza zakresu ruchów i globalnej siły chwytu kończyny po leczeniu złamań końca dalszego kości promieniowej typu C z wykorzystaniem płytki LCP i drutów Kirschnera

## Analysis of Upper Limb Movement Range and Global Grip Strength After Surgical Treatment of AO Type C Distal Radius Fractures Using LCP Plates and K-wires

Adam Białas<sup>1(A,B,C,D,E,F)</sup>, Marek Synder<sup>2(A,C,D,E,F)</sup>, Artur Dyhdalewicz<sup>1(B,E,F)</sup>,  
Krzysztof Walenczak<sup>1(B,D,F)</sup>

<sup>1</sup> Oddział Chirurgii Urazowo-Ortopedycznej, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. M. Curie-Skłodowskiej, Zgierz, Polska

<sup>2</sup> Klinika Chirurgii Urazowo-Ortopedycznej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny im. Wojskowej Akademii Medycznej, Łódź, Polska

<sup>1</sup> Orthopedic and Trauma Surgery Department, M. Curie-Skłodowska Regional Specialist Hospital in Zgierz, Poland

<sup>2</sup> Orthopedic and Trauma Surgery Department, Teaching Hospital of the Military Medical University in Łódź, Poland

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Autorzy przedstawiają wyniki leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej typu C wg AO, z wykorzystaniem płytek LCP i drutów Kirschnera. Analizę oparto na porównaniu zakresu ruchów i globalnej siły chwytu kończyny operowanej i zdrowej.

**Materiał i metody.** Badaniem objęto 60 pacjentów leczonych w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym w Zgierzu w latach 2008-2013. Zespoleńnię płytkowe zastosowano w 31 przypadkach, w 29 odłamy kostne ustabilizowano drutami K. Zakresy ruchów kończyny i siłę chwytu oszacowano zgodnie ze standardami badania ortopedycznego, korzystając z goniometru i dynamometru. Na podstawie radiogramów oceniono anatomię kostną. Otrzymane wyniki porównano z kończyną zdrową.

**Wyniki** Przeprowadzone analizy wykazały, że niezależnie od metody terapeutycznej nie uzyskano siły chwytu kończyny zdrowej. W dwóch przypadkach złamań typu C1 zaopatrzonych płytką uzyskano zakresy ruchów odpowiadające w 100% kończynie kolateralnej, wyników takich nie było w zespoleniach drutami K. Stwierdzono osiągnięcie lepszych wyników przy zastosowaniu płytki LCP, lecz nie były to różnice istotne statystycznie. Ocena radiogramów wykazała różnice istotne statystycznie w zakresie odtworzenia powierzchni stawowej na korzyść płytki LCP.

**Wnioski** 1. Zastosowanie płytki LCP umożliwia dokładniejsze odtworzenie anatomii kostnej końca dalszego kości promieniowej. 2. Ruchomość i siła chwytu kończyn jest podobna niezależnie od metody leczenia w przypadku odtworzenia prawidłowych parametrów radiologicznych. 3. Zaobserwowano w obydwu badanych grupach największe ubytki funkcji w zakresie ruchów rotacyjnych przedramion i siły chwytu kończyn.

**Słowa kluczowe:** złamania śródstawowe, kość promieniowa, leczenie operacyjne, zespolenie wewnętrzne

### SUMMARY

**Background.** This paper presents the outcomes of treatment of AO Type C distal radius fractures using LCP plates and K-wires. The analysis focused on comparison of movement range and global grip strength between the operated limb and the healthy one.

**Material and method.** The study involved 60 patients treated in the Regional Specialist Hospital in Zgierz in the period 2008-2013. LCP plates were used in 31 cases and fixation with K-wires was employed in 29 patients. The movement range and grip strength were evaluated in line with the standards of orthopaedic examination, using a goniometer and a dynamometer. X-ray imaging was used to assess the bony anatomy. The results were subsequently compared with those for the healthy limb.

**Results.** The analyses showed that neither approach produced a grip strength equal to that of the healthy limb. In two cases of Type C1 fractures treated using LCP plates, the movement range was the same as that of the other upper limb; these results were not obtained in any of the patients with K-wires. Superior outcomes were recorded for LCP plates; however, the differences were not significant. Radiographs revealed a significant difference in the degree of restoration of the articular surface, with LCP plates producing superior outcomes.

**Conclusions.** 1. The use of LCP plates enables more accurate restoration of the bone anatomy in the distal radius. 2. The mobility and grip strength of the limb were similar for both therapeutic procedures provided appropriate radiographic outcomes had been achieved. 3. The functional deficit in both groups was strongest for rotational movements of the forearm and grip strength of the limb.

**Key words:** articular fractures, radius, surgical treatment, internal fixation

## WSTĘP

Złamania końca dalszego kości promieniowej są jednym z najczęstszych uszkodzeń w obrębie kończyny górnej. Stanowią one około 20% wszystkich złamań zaopatrywanych w oddziałach szpitalnych i poradniach ortopedycznych, wykazując tendencję wzrostową [1-3]. W leczeniu tego typu urazu nie mamy jednoznacznych standardów postępowania. Doświadczenie chirurga i możliwości techniczne dostosowane do typu złamania mają na celu przywrócenie prawidłowych stosunków anatomicznych oraz zakresu ruchów kończyny sprzed urazu, potrzebnej w życiu zawodowym i codziennym. W naszym oddziale w zaopatrzeniu śródstawowych złamań dalszego końca kości promieniowej typu C wg AO, stosowaliśmy druty Kirschnera oraz płytki LCP o małym kontakcie z tkanką kostną.

Celem pracy była ocena porównawcza wyników leczenia operacyjnego obu metod, na podstawie analizy zakresu ruchów i globalnej siły chwytu operowanej kończyny w porównaniu z kończyną zdrową.

## MATERIAŁ I METODY

W latach 2008-2013 w Szpitalu Wojewódzkim w Zgierzu leczono 624 chorych ze złamaniem końca dalszego kości promieniowej. Do badań zakwalifikowano 178 pacjentów leczonych operacyjnie ze złamaniem typu C wg AO. W 132 przypadkach odłamy kostne ustabilizowano drutami Kirschnera, a w 46 wykorzystano płytkę LCP. Z analizy wyłączono osoby leczone nieoperacyjnie, z wcześniejszymi zmianami (uszkodzeniami kostnymi, deformacjami) kończyn górnych.

Do ostatecznego badania kontrolnego zgłosiło się 60 pacjentów, u których rozkład złamań przedstawiał się następująco. Zaopatrzeni z użyciem płytki LCP C1-5; C2- 19; C3-7, z użyciem drutów Kirschnera C1-12; C2-17.

W grupie badanej było 18 mężczyzn i 42 kobiety w wieku 28-87 lat (średnia 57 lat). Uszkodzenie kończyny dominującej stanowiło 41,6 %. Pacjenci operowani byli w 1-7 dobie po przyjęciu do oddziału. W każdym przypadku zespolenia płytkowego stosowano dostęp dłoniowy Henrego, a w technice z użyciem drutów Kirschnera wprowadzano wielopłaszczyznowo trzy-pięć grotów o średnicy 1,6-2 mm.

Chorych oceniano po upływie co najmniej roku od daty zabiegu. Ocena obejmowała kończynę leczoną i zdrową, która była wzornikiem. Podobnie postępują inni chirurdzy [4]. Za pomocą dynamometru MG 4800 dokonano analizy chwytu siłowego – cylindrycznego. Przeprowadzono trzy pomiary globalnej siły chwytu kończyn w odstępach minuty, wartości zsumowano wyciągając średnią. Zgodnie ze stan-

## BACKGROUND

Distal radius fractures are among the most common injuries to the upper limb. They represent approximately 20% of all fractures treated in hospital wards and outpatient orthopaedic clinics and the incidence has been growing [1-3]. Treatment of this type of injury does not follow predetermined standard procedures. The surgeon's experience and technical possibilities matching fractures of a particular type are used, with the intention to restore normal anatomic relations and the pre-injury movement range as necessary for work-related and daily-life activities of the patient. In our department, K-wires and LCP plates characterised by little contact with bone were used to treat AO Type C distal radius fractures.

This paper aims to compare the outcomes of the above treatments based on an analysis of the movement range and global grip strength of the limb operated on vs. the healthy limb.

## MATERIAL AND METHODS

A total of 624 patients were treated for distal radius fractures in the Regional Specialist Hospital in Zgierz between 2008 and 2013. Of these, 178 patients with AO Type C distal radius fractures treated operatively qualified for the study. The fixation of bone fragments was performed with K-wires in 132 patients while LCP plates were used in 46. Patients who did not receive surgical treatment and those with a history of previous injuries within the upper limbs (bone damage, deformity) were excluded from the study.

A total of 60 patients presented for the final follow-up examination. LCP plates had been used in 5 Type C1, 19 Type C2 and 7 Type C3 patients, while K-wires had been employed in 12 Type C1 patients and 17 persons with Type C2 fractures.

The study group consisted of 18 men and 42 women aged 28-87 years (mean age 57 years). Injury to the dominant limb was recorded in 41.6% of the subjects. The patients were operated on from one to seven days after having been admitted to the department. Henry's palmar approach was used in all of the LCP plate surgeries, while K-wires involved the multiplanar insertion of three to five pins 1.6-2 mm in diameter.

The follow-up examination was performed at least a year after the surgery and included assessment of both the injured limb and the opposite healthy limb, with the latter being used as a benchmark. A similar approach is followed by other surgeons [4]. An evaluation of cylindrical grip strength was performed using

dardami badania ortopedycznego, oceniono zakresy ruchów przedramienia i nadgarstka. Uzyskane wyniki analizowano pojedynczo i zbiorczo, sumując je i przedstawiając jako ruchomość całkowitą kończyny.

Wyniki badań zostały opracowane statystycznie z wykorzystaniem programu STATISTICA 9.1. Obliczono średnią arytmetyczną ( $\bar{x}$ ) i medianę (Me) – jako miary przeciętne, a także mierzące zróżnicowanie: odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (v%). Podano także wartość minimalną i maksymalną.

## WYNIKI

Ocenę badanych rozpoczęto od analizy dokumentacji medycznej – radiogramów. Wykazały one różnice istotne statystycznie w zakresie odtworzenia powierzchni stawowej na korzyść płytki LCP, różnice między odtworzeniem długości kości promieniowej nie były istotne statystycznie (Tab. 1). Analiza ruchomości całkowitej kończyny leczonej w odniesieniu do zdrowej wykazała, że w całej grupie pacjentów wyniki wahały się od 63 do 100%. Wartości najwyższe były u osób ze złamaniem C1 leczonych zespoleniem płytkowym. W dwóch przypadkach otrzymano 100% ruchomości kończyny kolateralnej. W terapii z użyciem drutów K nikt z badanych nie uzyskał takiej mobilności. Najniższe wartości wystąpiły przy odchyleniu łokciowym- 46% ruchomości przeciwnej kończyny, w przypadku płytki LCP było to odchylenie promieniowe i wynosiło 50% (Tab. 2). Ocena ruchów rotacyjnych przedramienia wykazała, że nie osiągnięto pełnej ruchomości kończyny w stosunku do zdrowej w żadnym przypadku u pacjentów leczonych zespoleniem drutami Kirschnera. Przeprowadzona analiza wykazała ubytki siły chwytu, kształtujące się na poziomie 2-45 % zdrowej kończyny, niezależnie od wybranej metody leczenia. Mimo występujących różnic nie były one statystycznie istotne, istotność  $> 0,05$ .

an MG 4800 dynamometer. Three measurements of global grip strength were made at one-minute intervals. The readings were subsequently added and average values were calculated. In line with the orthopaedic standards, the range of motion was evaluated for the forearm and the wrist. The scores were analysed individually and collectively by adding them and presenting the result as the total mobility of the limb.

The results were processed using STATISTICA 9.1 software. This step involved calculation of the arithmetic mean ( $\bar{x}$ ) and the median (Me) to be used as measures of central tendency as well as standard deviation (SD) and the coefficient of variation (v%) to measure variability. Minimum and maximum values were also determined.

## RESULTS

The first step was an analysis of the medical documentation, i.e. X-ray images. It revealed significant differences in the degree of restoration of the articular surface, with LCP plates producing superior outcomes. The differences in restoration of the radius length were not significant (Tab. 1). The analysis of total mobility of the treated limb compared to the healthy one showed results ranging from 63% to 100% in the entire study group. The highest scores were obtained in the subgroup with Type C1 fractures treated using LCP plates, with two of the patients showing 100% mobility. The K-wire surgery did not produce such an outcome in any of the patients. The lowest scores were recorded for the ulnar deviation, at 46% of the movement range of the healthy limb. In patients with the LCP plates, the poorest results were found for the radial deviation, at 50% (Tab. 2). Complete mobility with regard to rotational movements of the forearm was not restored in any of the K-wire patients. The analysis revealed deficits in the grip strength at 2%-45% of the healthy limb benchmark, regardless of the treatment type. The differences were not significant (significance  $> 0.05$ ).

Tab. 1. Analiza parametrów radiologicznych

Tab. 1. Radiographic outcomes

Porównywane grupy Groups	Wartość testu z Z test statistic	Istotność p Significance p
Operacyjnie (druty K) - operacyjnie (płytki LCP) nachylenia dłoniowego + promieniowe Surgery (K-wires) – surgery (LCP plate) palmar inclination + radial	3.486	p<0.01
Operacyjnie (druty K)- operacyjnie (płytki LCP) długość promieniowa Surgery (K-wires) – surgery (LCP plate) radius length	2.241	p>0.05

Tab. 2. Analiza ruchomości kończyny

Tab. 2. Movement range of the limb

	Obliczone parametry zakresu ruchu kończyny (%) Calculated parameters of the movement range (%)					
	Min	Max	x	Me	SD	v (%)
Całkowity zakres ruchomości druty K Total movement range K-wires	65	97	<b>86.7</b>	91.0	10.5	12.1
Całkowity zakres ruchomości płytki LCP Total movement range LCP plate	63	100	<b>91.1</b>	92.0	8.27	9.1
Zgięcie dłoniowe druty K Palmar flexion K-wires	63	100	<b>90.0</b>	93.0	10.6	11.8
Zgięcie dłoniowe płytki LCP Palmar flexion LCP plate	63	101	<b>92.8</b>	94.0	8.01	8.6
Zgięcie grzbietowe druty K Dorsiflexion K-wires	60	100	<b>88.1</b>	93.0	12.3	14.0
Zgięcie grzbietowe płytki LCP Dorsiflexion LCP plate	71	102	<b>93.1</b>	95.0	7.10	7.6
Odchylenie promieniowe druty K Radial deviation K-wires	63	100	<b>84.0</b>	88.0	11.1	13.2
Odchylenie promieniowe płytki LCP Radial deviation LCP plate	50	100	<b>86.8</b>	89.0	12.1	14.0
Odchylenie łokciowe druty K Ulnar deviation K-wires	46	100	<b>82.7</b>	85.0	15.0	18.1
Odchylenie łokciowe płytki LCP Ulnar deviation LCP plate	55	100	<b>88.4</b>	92.0	12.1	13.7
Pronacja druty K Pronation K-wires	57	98	<b>84.9</b>	89.0	11.5	13.6
Pronacja płytki LCP Pronation LCP plate	66	100	<b>91.8</b>	94.0	7.64	8.3
Supinacja druty K Supination K-wires	63	97	<b>86.9</b>	91.0	10.7	12.3
Supinacja płytki LCP Supination LCP plate	54	100	<b>88.5</b>	91.0	11.5	13.0
Siła chwytu druty K Grip strength K-wires	55	98	<b>80.0</b>	80.0	10.8	13.5
Siła chwytu płytki LCP Grip strength LCP plate	65	97	<b>85.3</b>	87.0	8.36	9.7

## DYSKUSJA

Ubytek ruchomości kończyny górnej jest częstym następstwem złamań końca dalszego kości promieniowej. Komplikacje te mają charakter wieloczynnikowy, z pierwszoplanową ekspresją zmian kostnych [5]. Wadliwie wygojone złamania, z przemieszczeniem odłamów kostnych, zmieniają biomechanikę kończyny, upośledzając jej funkcję [6]. Dane z piśmiennictwa wykazują, że wszystkie parametry anatomiczne są ważne, szczególnie nacisk kładziony jest jednak na odtworzenie długości kości promieniowej [7-9]. Schneiders uważa, że skrócenie kości promieniowej powyżej 4 mm skutkuje ubytkiem pronacji i supinacji o 36% [10]. Inni autorzy wskazują, że 10 mm skrócenia zmniejsza ruchy rotacyjne przedramienia (pronację oraz supinację) odpowiednio o 47% i 29% [11,12]. W materiale własnym, zastosowanie bardziej zaawansowanej techniki umożliwiło lepsze odtworzenie parametrów mierzalnych. Różnice istotne statycznie dotyczyły nachylenia dłoniowego i inklinacji, nie znalazło to jednak odzwierciedlenia w mobilności i sile chwytu kończyn.

## DISCUSSION

Deficits in the mobility of the upper limb are frequent consequences of distal radius fractures. These complications depend on multiple factors, with predominant expression of altered bone structure [5]. Malunion with dislocation of bone fragments alters the biomechanics of the limb, impairing its function [6]. While the literature suggests that all anatomical parameters are important, a particular emphasis is placed on restoring the length of the radius [7-9]. According to Schneiders, shortening of the radius by more than 4 mm results in a pronation and supination deficit of 36% [10]. Other authors found that a shortening by 10 mm reduced the rotational mobility of the forearm (pronation and supination) by 47% and 29% respectively [11,12]. In the present study, the use of the more advanced technique enabled superior restoration of measurable parameters. Significant differences were found for palmar inclination, which was not reflected by the range of motion and grip strength.

Soft tissue damage accompanying bone fracture are frequently exacerbated further by the surgery and

Uszkodzenia tkanek miękkich występujące ze zmianami kostnymi, często są potęgowane wtórnie w trakcie zaopatrywania złamania, a sposób zaopatrzenia ich ma duży wpływ na ostateczny wynik kliniczny [13,14].

Wykorzystanie drutów Kirschnera powoduje punktowe zmiany w miejscu wprowadzenia pinów. Rozleglejszy dostęp operacyjny przy implantacji płytki LCP powoduje większą ekspozycję i traumatyzację tkanek miękkich. W materiale własnym spotykaliśmy się z trudnościami przywrócenia ciągłości mięśnia nawrotnego czworobocznego uszkodzanego w dostępie Henrego i pokrycia implantu płytkowego. Inni chirurdzy mają podobne doświadczenia dokonując analizy konieczności, sposobu zaopatrzenia i funkcji powyższego mięśnia [15,16].

Utrata elastyczności aparatu torebkowo-więzadłowego, blizny i zrosty wpływają na zmniejszenie ruchomości kończyny [17]. Wdrożenie wczesnego ruchu ma temu zapobiec i korzystnie wpłynąć na odżywienie i sprężystość struktur anatomicznych. W 2003 roku Lederman wykazał, że wczesny ruch wpływa korzystnie na ruchomość kończyny poprzez przyspieszenie gojenia tkanek, zmniejszenie obrzęku oraz dolegliwości bólowych. W literaturze przedstawiane są rozbieżne opinie na ten temat. Część chirurgów zgadza się ze spostrzeżeniami Ledermana, lecz inni nie dostrzegają dodatniego wpływu fizjoterapii na usprawnianie chorych po złamaniu dalszego końca kości promieniowej [18-21].

Usprawnianie po złamaniu końca dalszego kości promieniowej powinno się rozpocząć po zaopatrzeniu złamania. Wykorzystanie płytki LCP umożliwia wczesną mobilizację wszystkich stawów kończyny. Użycie drutów Kirschnera opóźnia ten proces do chwili uzyskania zrostu odłamów kostnych i usunięcia zespolenia. Ruchy w stawach promieniowo-nadgarstkowych, promieniowo łokciowym wdrażane są więc dopiero po 6-8 tygodniach.

Ustępujące dolegliwości bólowe wpływały na usprawnianie pacjentów z poprawą ruchomości. Analiza materiału własnego wykazała, że okres ten trwał do 12 miesięcy po urazie. Dane z piśmiennictwa przedstawiają podobne obserwacje, a pierwsze sześć miesięcy jest uważane za najbardziej efektywne [22,23]. Niezależnie od wdrożonej metody leczenia nie uzyskaliśmy równocześnie 100 % ruchomości i siły chwytu kończyny zdrowej. Ubytki funkcjonalne, które zaobserwowaliśmy u naszej grupy były podobne z danymi przedstawianymi przez innych chirurgów [24].

W analizowanym materiale stwierdziliśmy, że zespolenia płytkowe umożliwiają szybszy powrót funkcji leczonej kończyny, pozwalają osiągnąć lepszą ruchomość i siłę chwytu, jednakże różnice te nie były istotne statystycznie. Dane z literatury są podobne

the manner of treatment has a strong effect on the final outcome [13,14].

The use of K-wires results in punctate damage at the pin insertion sites, while the more extensive surgical approach during the insertion of an LCP plate is associated with greater exposure of and trauma to the soft tissues. In the present study, we encountered difficulties with restoring continuity of the quadratus pronator muscle, which is damaged in Henry's approach, and covering the plate implant. Other surgeons have described similar experiences as they analysed the necessity, type of treatment and function of the above muscle [15,16].

Loss of elasticity of the capsulo-ligamentous apparatus and the presence of scars and condescence reduce the range of motion [17]. Early postoperative mobilisation aims to prevent that and exert a beneficial effect on tissue nutrition and elasticity. In 2003, Lederman showed that early mobilisation improved the limb movement range by shortening the time of tissue healing as well as reducing the oedema and pain. The opinions presented in the literature are discrepant. Some surgeons agree with Lederman's conclusions, while others did not find a beneficial effect of physiotherapy on the rehabilitation of patients after distal radius fractures [18-21].

Rehabilitation after distal radius fractures should start after fracture fixation. Use of LCP plates enables early mobilisation of all the joints in the limb, while the use of K-wires delays the process until union of bone fragments has been achieved and the implants have been removed. Hence, movement in the radiocarpal joint is initiated only after 6-8 weeks.

A reduction in pain helps rehabilitation of patients and improves the mobility. In the present study, that period was up to 12 months after the injury. Other authors have presented similar findings and the first six months are considered to be the most effective [22,23]. Neither of the approaches tested in the present study produced both a movement range and grip strength equal to that of the healthy limb. The functional deficits identified in the study group were similar to data presented by other surgeons [24].

In the present study, LCP plate fixation enabled earlier restoration of the function of the treated limb and led to a superior movement range and grip strength but the differences were not significant. The literature cites similar data: patients with LCP plates achieved superior function in the early postoperative period, while later on the differences between treatment methods grew weaker [25].

– pacjenci leczeni zespoleniem płytkowym charakteryzowali się lepszą czynnością we wczesnym okresie terapeutycznym, później dysproporcje ulegały zatarciu [25].

### WNIOSKI

1. Metoda operacyjna wykorzystująca płytkę LCP umożliwia dokładniejsze odtworzenie anatomii kostnej końca dalszego kości promieniowej.
2. Ruchomość i siła chwytu kończyn jest podobna niezależnie od metody leczenia w przypadku odtworzenia prawidłowych parametrów radiologicznych, a w szczególności długości kości promieniowej.
3. Zaobserwowano w obydwu badanych grupach największe ubytki funkcji w zakresie ruchów rotacyjnych przedramion i siły chwytu kończyn. Wyniki lepsze były w zespoleniach płytkowych, lecz bez znaczenia statystycznego.

### CONCLUSIONS

1. The use of LCP plates enables more accurate restoration of the bone anatomy in the distal radius.
2. The mobility and grip strength of the limb were similar for both therapeutic procedures provided that normal radiographic outcomes, in particular the length of the radius, had been achieved.
3. The functional deficit in both groups was strongest for rotational movements of the forearm and grip strength of the limb. The outcomes were superior for LCP plates but the difference was not significant.

### PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Tomaszuk M, Kiryluk J, Olszewski R, Kielbaszewski J, Ruta J, Boroń W. Wyniki operacyjnego leczenia niestabilnych złamań nasady dalszej kości promieniowej metodą otwartej repozycji i stabilizacji płytą dłoniową kątowo stabilną ChLP. *Artroskopia i Chirurgia Stawów* 2010; 6(1): 23-8.
2. Żyluk A, Puchalski P, Walaszek I, Jankowski P. „Rozsądny” algorytm leczenia złamań końca dalszego kości promieniowej. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 2010; 75(1): 10-6.
3. Tejwani NC, Takemoto RC, Nayak G, Pahk B, Egol KA. Who is lost to followup?: A Study of Patients with Distal Radius Fractures. *ClinOrthopRelat Res* 2010; 468(2): 599-604.
4. Cowie J, Anakwe R, McQueen M. Factors associated with one-year outcome after distal radial fracture treatment. *Journal of Orthopaedic Surgery* 2015; 23(1): 24-8.
5. Lee DY, Hwang SCh, Nam DCh, Jeong JH, Choi YL, Park JS. Risk Factors of Wrist Stiffness after Treatment for Distal Radius Fractures. *J Korean Orthop Assoc* 2015; 50(4): 299-306.
6. Vroemenn JC, Strackee SD. Three-dimensional computer-assisted corrective osteotomy techniques for the malunited distal radius. [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com).
7. Saito T, Nakamura T, Nagura T, Nishiwaki M, Sato K, Toyama Y. The effects of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint stability: a biomechanical study. *J Hand Surg* 2013; 38: 739-745.
8. Bessho Y, Nakamura T, Nagura T, Nishiwaki M, Sato K, Toyama Y. Effect of volar angulation of extra-articular distal radius fractures on distal radioulnar joint stability: a biomechanical study. *J Hand Surg* 2015; 40: 775-82.
9. Xavier CRM, Canesin Dal Molin D, Marins dos Santos RM, Torre dos Santos RD, Neto JCF. Surgical treatment of distal radius fractures with a volar locked plate: correlation of clinical and radiographic results. *Rev Bras Ortop.* 2011; 46 (5): 505-513.
10. Schneiders W, Elenz J, Rehberg S, et al. Long-term results after Kirschner wire pinning of distal radius fractures. *Unfallchirurg* 2012; 115(1): 38-46.
11. Bronstein AJ, Trumble TE, Tencer AF. The effects of distal radius fracture malalignment on forearm rotation: a cadaveric study. *J Hand Surg Am* 1997; 22(2): 258-62.
12. Patel VP, Paksima N. Complications of Distal Radius Fracture Fixation. *Bull NYU HospJt Dis* 2010; 68(2): 112-8.
13. Davis DI, Baratz M. Soft tissue complications of distal radius fractures. *Hand Clin* 2010; 26 (2): 229-235. 14. Kasapinova K, Kamiloski V. Analysis of the arthroscopically diagnosed soft-tissue injuries associated with the distal radius fractures. *Maced J Med Sci* 2014; 7(2): 277-82.
15. Tahririan MA, Javdan M, Motififard M. Results of pronator quadratus repair in distal radius fractures to prevent tendon ruptures. *Indian J Orthop* 2014; 48(4): 399-403.
16. Häberle S, Sandmann GH, Deiler S, et al. Pronator quadratus repair after volar plating of distal radius fractures or not? Results of a prospective randomized trial. *Eur J Med Res* 2015; 20: 93.
17. Arora R, Lutz M, Deml C, Krappinger D, Haug L, Gabl M. A prospective randomized trial comparing nonoperative treatment with volar locking plate fixation for displaced and unstable distal radial fractures in patients sixty-five years of age and older. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93(23): 2146-53.
18. Lederman E. Connective tissue: the importance of movement- cpdo. net. 2003
19. Porrino JA Jr, Maloney E, Scherer K, Mulcahy H, Ha AS, Allan C. Fracture of the distal radius: epidemiology and premanagement radiographic characterization. *AJR Am J Roentgenol* 2014; 203(3): 551-9.

20. Ratajczak K, Płomiński J. The effect of isometric massage on global grip strength after conservative treatment of distal radial fractures. Pilot Study. *Ortop Traumatol Rehabil* 2015; 4: 359-70.
21. SahaPK, RayS, BeheraS. Evaluation of results of pronator quadratus repair following volar plate fixation of distal radius fracture: A prospective study. *IntJ Sci Stud* 2015; 3(2): 21-6.
22. MacDermid JC, Roth JH, RichardsRS. Pain and disability reported in the year following a distal radius fracture: A cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2003; 4: 1-13.
23. DillinghamCh, Horodyski M, Struk AM, Wright T. Rate of improvement following volar plate open reduction and internal fixation of distal radius fractures. *AdvOrthop* 2011; 565642.
24. Anakwe RE, Khan LAK, Cook RE, McEachan JE. Locked volar plating for complex distal radius fractures: Patient reported outcomes and satisfaction. *J OrthopSurg Res* 2010; 5: 51.
25. Rozentel TD, Blazar PE, Franko OI, Chacko AT, Earp BE, Day CS. Functional outcomes for unstable distal radial fractures treated with open reduction and internal fixation or closed reduction and percutaneous fixation. A prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91(8): 1837-46.

---

**Liczba słów/Word count:** 3818

**Tabele/Tables:** 2

**Ryciny/Figures:** 0

**Piśmiennictwo/References:** 25

*Adres do korespondencji / Address for correspondence*

Adam Białas

95-100 Zgierz, ul. Parzęczewska 35, Poland

adambialas1@wp.pl

*Otrzymano / Received*

15.02.2016 r.

*Zaakceptowano / Accepted*

13.05.2016 r.