

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

**Paweł Reichert^{1(A,B,C,D,E,F)}, Roman Rutowski^{1,2(A,D)},
Krzysztof Zimmer^{1(A,D)}, Jerzy Gosk^{1(A,D)},
Krzysztof Skiba^{1(B,F)}**

¹ Katedra i Klinika Chirurgii Urazowej i Chirurgii Ręki Akademii Medycznej, Wrocław

² Katedra i Zakład Medycyny Sportu Akademii Wychowania Fizycznego, Wrocław

Wyniki leczenia stawów rzekomych metodą dekortykacji w zależności od morfologii stawu rzekomego

Treatment outcome in pseudarthrosis treated with the decortication method, depending on the morphology of the pseudarthrosis

Słowa kluczowe: brak zrostu, dekortykacja, kości długie

Key words: nonunion, decortication, long bone

STRESZCZENIE

Wstęp. Celem pracy była ocena wyników leczenia stawów rzekomych kości długich metodą dekortykacji, z użyciem autogennych wszczepów istoty gąbczastej w zależności od morfologii stawu rzekomego.

Material i metody. Przedmiot badań stanowiło 77 chorych z 83 stawami rzekomymi trzonów kości długich, leczonych w Klinice Chirurgii Urazowej i Chirurgii Ręki Akademii Medycznej we Wrocławiu w latach 1995-2004. Najwięcej leczono chorych ze stawami rzekomymi kości ramiennej, następnie kości udowej, promieniowej i łokciowej. Czas od złamania do operacji stawu rzekomego wynosił od 6 do 48 miesięcy. Okres obserwacji wynosił 24 miesiące. Do klasyfikacji stawów rzekomych użyto klasyfikacji Webera i Cecha. Do oceny wyników w przypadku kończyny górnej stosowano klasyfikację Stewarta i Hundleya, w przypadku kończyny dolnej klasyfikację Keating'a. Do oceny kontrolnych rentgenogramów wykorzystano radiologiczną ocenę zrostu według podziału Hammera

Wyniki. Zrost kostny uzyskaliśmy w 77 przypadkach na 83 leczonych stawów rzekomych. Czas uzyskania zrostu kostnego wynosił odpowiednio dla stawu hipertroficznego 4,75 miesięcy; dla stawu oligotroficznego 6,48 miesiąca; dla stawu dysplastycznego 7,47 miesięcy; a w przypadkach stawów aplastycznych 9,63 miesięcy.

Wnioski. Operacja metodą dekortykacji daje bardzo dobre wyniki w leczeniu stawów rzekomych hipertroficznym, oligotroficznym i dysplastycznym, niepowodzenia tej metody zwykle dotyczą stawów rzekomych aplastycznych. Wynik leczenia i czas uzyskania zrostu po leczeniu metodą dekortykacji jest zależny od morfologii stawu rzekomego.

SUMMARY

Background. The purpose of our research was to evaluate treatment outcome in pseudarthrosis of long bones treated with the decortication method, using autogenic bone grafts, depending on the type of pseudarthrosis.

Material and methods. In the years 1995-2004 77 patients were treated for 83 long bone pseudarthroses in our Clinic. Pseudarthrosis of humeral bones was the most common pathology, followed by the femoral bone, radial bone, and ulnar bone. The time from fracture to the decortication operation ranged from 6 to 48 months. Pseudarthrosis was classified according to the Weber Cech scheme. The Stewart and Hundley classification and the Keating classification were used for clinical assessment and the patient's subjective evaluation in the upper and lower limb respectively. The Hammer classification scheme was used to evaluate follow-up x-ray images of union.

Results. Union was achieved in 77 of 83 pseudarthroses. The time to achieve bone union was 4.75 months for hypertrophic pseudarthrosis, 6.48 months oligotrophic pseudarthrosis, 7.47 months for dysplastic pseudarthrosis, and 9.63 months for aplastic pseudarthrosis.

Conclusions. Surgery with the decortication method gives very good outcomes in the treatment of hypertrophic, oligotrophic, and dysplastic pseudarthrosis in long bones. Failures occur more often in atrophic pseudarthrosis. The outcome is dependent on the morphology of the pseudarthrosis.

Liczba słów/Word count: 3108

Tabele/Tables: 3

Ryciny/Figures: 4

Piśmiennictwo/References: 32

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr Paweł Reichert

Klinika Chirurgii Urazowej i Chirurgii Ręki AM, e-mail: chiruraz@churaz.am.wroc.pl
50-417 Wrocław, ul. R. Traugutta 57/59, tel./fax: (0-71) 344-25-29

Otrzymano / Received

29.03.2006 r.

Zaakceptowano / Accepted

18.10.2006 r.

WSTĘP

Zaburzenia zrostu złamań kości – zwłaszcza w postaci stawu rzekomego – jest jednym z powikłań przedłużających czas leczenia, co ma wymierny wpływ na koszty, a także łączy się z poważnymi uciążliwościami, a nawet kalectwem dla chorego.

Z pojęciem stawów rzekomych po raz pierwszy spotykamy się na przełomie XIX/XX wieku. Znane są poglądy Malgaigne i Berdenheueera, że u chorych ze złamaniami zamkniętymi leczonymi zachowawczo w sposób prawidłowy nie spotyka się stawów rzekomych. Pierwsze doniesienie o procencie niepowodzeń w leczeniu złamań kości długich to zestawienie statystyczne Brunsza przytoczone przez Bohlera, w którym odsetek stawów rzekomych wynosił 0,5%. Kolejne badania przedstawił Scudlera i Hey Groves'a, gdzie liczba stawów rzekomych wynosiła odpowiednio 2-3% i 4-5%. Pierwsza duża praca przedstawia 135 przypadków stawów rzekomych kości długich, leczonych w Klinice Ortopedii w Iowa w latach 1939-1945 [1].

Pojęcie dekortyzacji kostno-okostnowo-mięśniowych wprowadził pierwszy Dunn w 1936 r. [2]. Następnie w latach sześćdziesiątych pomysł ten rozwinęli Forbes i Judet [3,4]. W obu przypadkach wytwarzali płyty kostno-okostnowo-mięśniowe, przy czym Forbes w każdym przypadku uzupełniał dekortyzację wszczepami gąbczastymi autogennymi z talerza kości biodrowej, a Judet używał tych wszczepów sporadycznie.

Staw rzekomy jest końcową formą zaburzeń gojenia i utrwalonym brakiem zrostu odłamów, gdzie przerwaniu ciągłości kości towarzyszy oddzielne unacynienie obu odłamów kostnych. Jest dowodem, że w miejscu złamania wyczerpały się wszelkie możliwości osteo- i angiogenezy [5,6]. Końce odłamów kostnych w obrębie stawów pokryte są tkanką włóknistą lub chrzęstną. Komórki chrzęstne posiadające kształt kulisty są mało wrażliwe na niedotlenienie i nie są zdolne przenosić dużych obciążeń. Sama chrząstka jest inhibitorem rozwoju naczyń krwionośnych [5,6,7]. W przebiegu trwania stawu rzekomego dochodzi do wtórnych zmian mineralogicznych, które radiologicznie manifestują się: poszerzeniem szpary złamania, zarosnięciem jam szpikowych i sklerotyzacją odłamów kostnych [8,9].

Spśród istniejących podziałów stawów rzekomych (pod względem radiologicznym na: witalne i awitalne; biologicznym: maziówkowe i włókniste, klinicznym: zainfekowane i niezainfekowane) najczęściej przyjmują się podział wg Cecha oraz Webera i Cecha [10].

Współczesne leczenie stawów rzekomych uwzględnia zarówno techniczne, jak i biologiczne aspekty. Przygotowując plan leczenia należy zdecydować o rozległości zabiegu oraz wybrać rodzaj stabilizacji [5,8]. Ponadto należy pamiętać o leczeniu farmakologicznym oraz metodach nieinwazyjnych wspomaganie zrostu kostnego. Wśród nieinwazyjnych, pomocniczych metod wspomaganie zrostu kostnego należy wymienić możliwość wykorzystania pola magnetycznego, niskoenergetycznej terapii laserowej, ultradźwięków, komory hiperbarycznej [7,11,12,13].

Celem pracy była ocena wyników leczenia stawów rzekomych kości długich metodą dekortyzacji z użyciem autogennych wszczepów istoty gąbczastej w zależności od morfologii stawu rzekomego.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1995-2004 leczeniu stawów rzekomych trzonów kości długich metodą dekortyzacji poddano w tutejszej Klinice 77 chorych. U 6 osób stawy rzekome dotyczyły dwóch kości. Większość chorych była pierwotnie leczona poza tutejszą Kliniką (87%).

W badanej grupie większość stanowili mężczyźni (66%), a wiek operowanych chorych wynosił od 18 lat do 83 lat, średnio 41 lat. Wśród mężczyzn najwięcej chorych było w 2, 3 i 4 dekadzie życia, wśród kobiet w 2, 3 i 7 dekadzie życia.

Najwięcej leczono stawów rzekomych kości ramiennej (25 chorych – 31%), następnie kości udowej (17 chorych – 20%), kości promieniowej (17 chorych – 20%), kości łokciowej (16 chorych – 19%), kości piszczelowej (8 chorych – 10%).

Czas od złamania do zabiegu dekortyzacji wynosił od 6 do 48 miesięcy (Tab. 1).

Badanie chorych składało się z badania podmiotowego, przedmiotowego i dodatkowych badań: radiologicznego, arteriograficznego i scyntygraficznego. Stawy rzekome klasyfikowane wg podziału Webera Cecha [10], w metodyce oceny klinicznej i su-

Tab. 1. Czas od złamania do zabiegu dekortyzacji

Tab. 1. Time from fracture to decortication

	Czas w miesiącach od złamania do operacji Time in months from fracture to surgery				
	7 - 9	10 - 12	13 - 18	19 - 24	Powyżej 24
Liczba chorych Number of patients	15	19	38	5	6

biektywnej oceny pacjenta w przypadku kończyny górnej stosowano klasyfikację Stewarta i Hundleya [14], w przypadku kończyny dolnej ocenę wyników oparto na klasyfikacji Keating'a [15]. Do oceny kontrolnych rentgenogramów wykorzystano radiologiczną ocenę zrostu według podziału Hammera [16]. Wszyscy chorzy leczeni byli metodą dekortyzacji z użyciem autogennych wszczepów istoty gąbczastej oraz stabilnej osteosyntezy.

WYNIKI

Zrost kostny uzyskaliśmy w przypadku 77 na 83 leczonych stawów rzekomych. Łącznie stwierdziliśmy u 45 chorych wynik bardzo dobry – 54%, u 22 chorych uzyskano wynik dobry – 27%, 10 chorych ukończyło leczenie z wynikiem zadowalającym – 12%, w 6 przypadkach leczenie zakończyło się niepowodzeniem – 7%

W grupie chorych ze stawami hipertroficznymi wszystkie wyniki były bardzo dobre. W przypadkach stawów oligotroficznych uzyskaliśmy 57% wyników bardzo dobrych i 31% wyników dobrych, w stawach dysplastycznych odpowiednio 61% wyników bardzo

dobrych, 28% wyników dobrych, a w grupie stawów aplastycznych 24% wyników bardzo dobrych i 24% wyników dobrych, 18% zadowalających, 34% złych (Tab. 2, Diagram 1).

Średni czas uzyskanego zrostu kostnego przedstawiono w Tabeli 3.

We wszystkich przypadkach stawów hipertroficznych, oligotroficznych i dysplastycznych uzyskaliśmy zrost kostny. Niepowodzenia dotyczyły 6 chorych ze stawami aplastycznymi. Czas uzyskania zrostu kostnego wynosił odpowiednio dla stawu hipertroficznego 4,75 miesięcy (Ryc. 1), dla stawu oligotroficznego 6,28 miesiąca (Ryc. 2); dla stawu dysplastycznego 7,47 miesięcy (Ryc. 3); a w przypadkach stawów aplastycznych 9,63 miesięcy (Ryc. 4).

Stwierdzono związek pomiędzy czasem zrostu a morfologią stawu rzekomego. Najsilniej związek wyrażony był przy porównaniu grupy chorych ze stawami hipertroficznymi i oligotroficznymi, do grupy chorych ze stawami aplastycznymi. Chorzy ze stawami rzekomymi witalnymi (hipertroficznymi i oligotroficznymi) szybciej osiągają most i zrost kostny, w porównaniu z chorymi ze stawami dysplastycznymi i chorymi ze stawami rzekomymi aplastycznymi.

Tab. 2. Wynik leczenia a morfologia stawu rzekomego

Tab. 2. Treatment outcome depending on the morphology of the pseudarthrosis

Wynik leczenia Outcome treatment	Morfologia stawu rzekomego Morphology of pseudoarthrosis				Razem Number of patients
	Hipertroficzny Hypertrophic	Oligotroficzny Oligotrophic	Dysplastyczny Dysplastic	Plastyczny Aplastic	
Bardzo dobry Very good	4	15	22	4	45
Dobry Good	0	8	10	4	22
Zadowalający Satisfactory	0	3	4	3	10
Zły Bad	0	0	0	6	6
Razem Number of patients	4	26	36	17	83

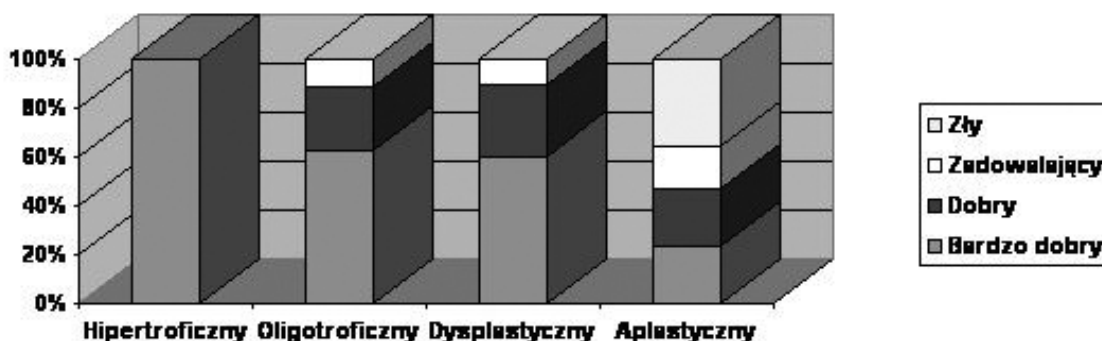


Diagram 1. Wynik leczenia a morfologia stawu rzekomego

Diagram 1. Treatment outcome depending on the morphology of the pseudarthrosis

Tab. 3. Morfologia stawu a średni czas i odchylenie standardowe uzyskanego zrostu kostnego (miesiące)
 Tab. 3. Morphology of the pseudarthrosis and mean time (standard deviation) to achieve union (in months)

Grupa Group	Morfologia stawu rzekomego Morphology of pseudoarthrosis	Most Średnie Bridże Bridge X	Most N Bridg e N	Most SD Bridge SD	Zrost Średnie X Union X	Zrost N Union N	Zrost SD Union SD
1	Hipertroficzny Hypertrophic	2,50	4	0,57	4,75	4	2,87
2	Oligotroficzny Oligitrophic	3,02	26	0,87	6,28	26	3,46
3	Dysplastyczny Dysplastic	3,78	36	1,04	7,47	36	2,95
4	Plastyczny Aplastic	4,54	11	1,50	9,63	11	5,04
		3,61	77	1,14	7,30	77	3,59

Grupa 1: Grupa 3 p=0,022,
 Grupa 1: Grupa 4 p=0,002,
 Grupa 2: Grupa 3 p=0,025,
 Grupa 2: Grupa 4 p=0,001

Grupa 1: Grupa 4 p=0,018
 Grupa 2: Grupa 4 p=0,013

SD - odchylenie standardowe, p - poziom istotności statystycznej, N - liczba chorych, most-most kostny, zrost-zrost kostny

Group 1: Group 3 p=0,022,
 Group 1: Group 4 p=0,002,
 Group 2: Group 3 p=0,025,
 Group 2: Group 4 p=0,001

Group 1: Group 4 p=0,018
 Group 2: Group 4 p=0,013

SD - standard deviation, p - level of statistical significance, N - number of patients, Bridge-bridge bone, Union-union bone



Ryc. 1. Chora M. D. l. 23, hist. chor. nr 4690/05, kość promieniowa, łokciowa. a. czas od złamania do operacji dekortyzacji – 12 miesięcy, b. most kostny po 2 miesiącach, c. zrost kostny po 5 miesiącach.

Fig. 1. Female patient MD, age 23, patient history no. 4690/05, radial bone, ulnar bone. a. time from fracture to decortication operation – 12 months, b. bone bridge after 2 months, c. bone union after 5 months

DYSKUSJA

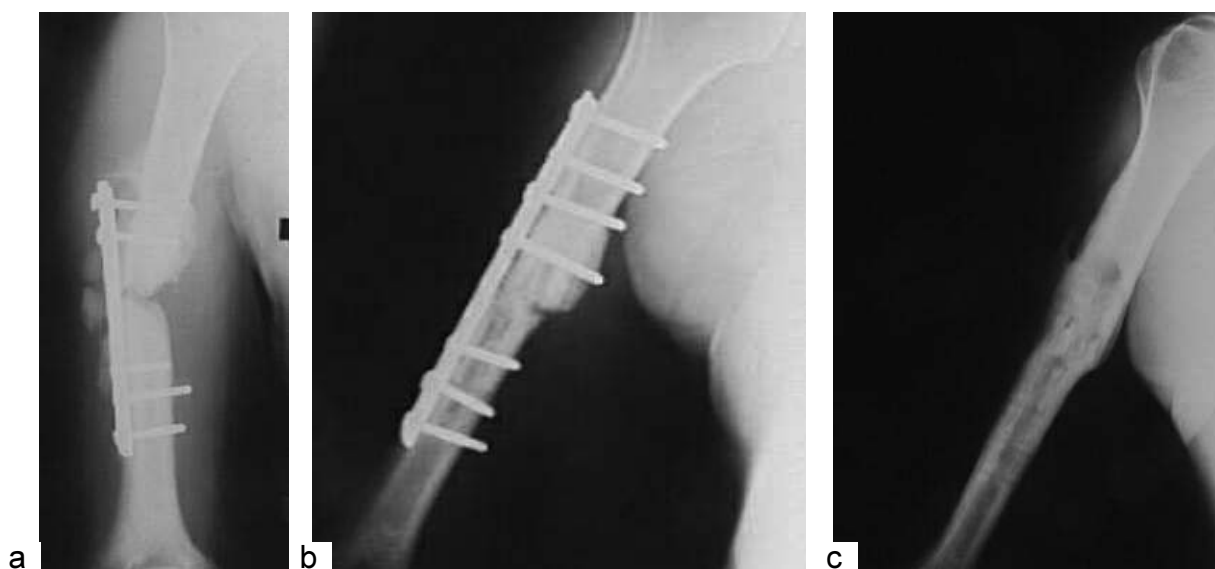
Przedstawione wyniki leczenia stawów rzekomych metodą dekortyzacji przy użyciu stabilnej osteosyn-tezy i autogennych wszczepów istoty gąbczastej potwierdzają skuteczność stosowanej metody. Uzyskanie zrostu w 77 przypadkach na 83 leczonych (93%) stawów rzekomych kości długich jest wynikiem porównywalnym do wyników publikowanych w literaturze. Skuteczność stosowanych metod według różnych autorów waha się od 62% w przypadku Loit-

za do 100% w przypadku Forbes'a [17,18,19,20,21, 22,23,24,25,26,27,28,29,30]. Należy podkreślić, że niezależnie od rodzaju zaburzeń zrostu kostnego, celem leczenia jest nie tylko uzyskanie konsolidacji kostnej, lecz także odzyskanie optymalnej sprawności kończyny [7,17]. W większości cytowanego piśmiennictwa, głównym kryterium jest fakt uzyskania zrostu kostnego oraz czas, w jakim został uzyskany. W naszych badaniach średni czas uzyskania zrostu kostnego w przypadku kości kończyny górnej wyniósł 5,5 miesiące, a kości kończyny dolnej – 10,8 mie-



Ryc. 2. Chory Z. R. l. 25, hist. chor. nr 459/05, kość ramienna. a. czas od złamania do operacji dekortyzacji – 6 miesięcy, b. most kostny po 3 miesiącach, c. zrost kostny po 6 miesiącach

Fig. 2. Male patient ZR, age 25, patient history no. 459/05, humeral bone. a. time from fracture to decortication operation – 6 months, b. bone bridge after 3 months, c. bone union after 6 months



Ryc. 3. Chory A. B. l. 58, hist. chor. nr 3185/02, kość ramienna. a. czas od złamania do operacji dekortyzacji – 8 miesięcy. b. most kostny po 5 miesiącach, c. zrost kostny po 8 miesiącach

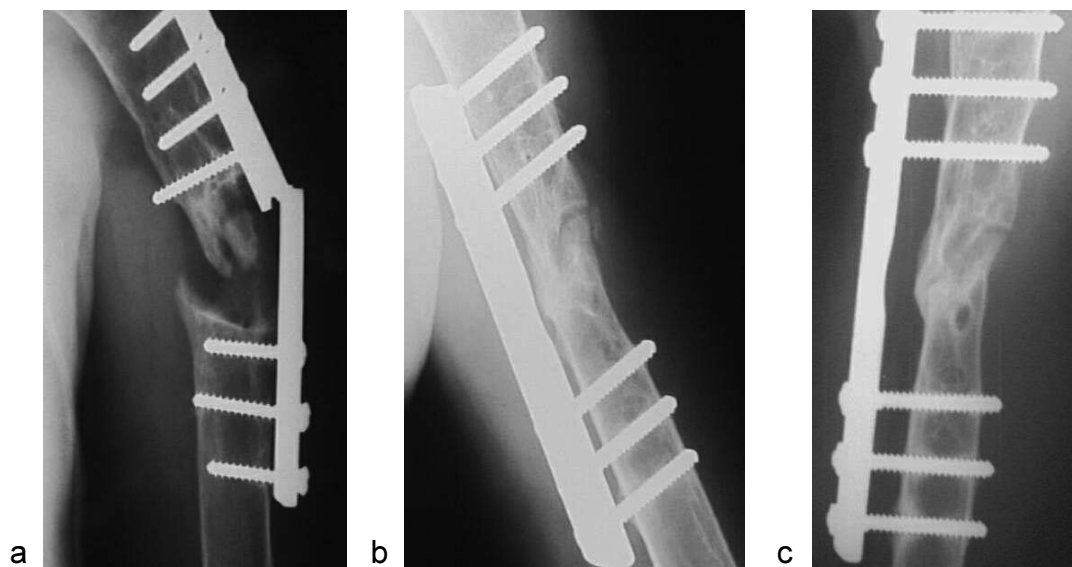
Fig. 3. Male patient AB, age 58, patient history no. 3185/02, humeral bone. a. time from fracture to decortication operation – 8 months, b. bone bridge after 5 months, c. bone union after 8 months

się. Czas zrostu kostnego w kościach kończyny górnej trwał od 4,5 miesiąca u Martinez'a [18] do 6,5 miesiąca w przypadku Elisabeth te Velde [19]. Czas zrostu kostnego w przypadku kości kończyny dolnej mieścił się pomiędzy 4 miesiącami u Króla [20] do 9 miesięcy w przypadku Karpiny [21].

Analizując wyniki leczenia stawów rzekomych pod kątem morfologii stawu rzekomego stwierdziliśmy, że morfologia stawu rzekomego miała znaczący wpływ nie tylko na wynik leczenia – uzyskanie zrostu kostnego, ale i czas jego uzyskania. Jest to wyni-

kiem różnicy ukrwienia, a co za tym idzie zdolnością regeneracyjną kości, która jest lepsza w stawach witalnych, o czym piszą Król i Brownlow [20,22].

Istotne staje się pytanie, czy każdy przypadek stawu rzekomego należy leczyć operacyjnie i czy w każdym przypadku wykonywać dekortyzację. Uważamy, że powyższa decyzja jest zawsze indywidualna i zależy od przyczyny wytworzonego stawu rzekomego i kończyny, w której jest zlokalizowany. W przypadku stawów rzekomych hipertroficznym kończyny dolnej docisk osiowy umożliwia uzyskanie zrostu



Ryc. 4. Chory P. P. 1. 62, hist. chor. nr 7069/03, kość ramienna. a. czas od złamania do operacji dekortyzacji – 8 miesięcy, b. most kostny po 3 miesiącach, c. zrost kostny po 6 miesiącach

Fig. 4. Male patient PP, age 62, patient history no. 7069/03, humeral bone. a. time from fracture to decortication operation – 8 months, b. bone bridge after 3 months. c. bone union after 6 months

kostnego i leczenie operacyjne nie jest niezbędne [5,20, 21,23,24]. Odmienne sytuacja wygląda w przypadku stawów rzekomych hipertroficznym kończyny górnej, które na skutek ciężenia ulegają dystrakcji i brak jest możliwości docisku dynamicznego [25]. Stwierdzenie destabilizacji zespolenia (złamany łącznik, obluźnienie łącznika) lub występujące uszkodzenia nerwów obwodowych wymagające zaopatrzenia chirurgicznego w naszej ocenie uzasadniają leczenie operacyjne. Wielu autorów, m.in. Tylman, wychodząc z założenia, że przyczyną stawów rzekomych witalnych jest niestabilna osteosynteza, proponuje wykonanie tylko prawidłowej kompresyjnej osteosyntezy, stosowanie dekortyzacji i wszczepów rezerwując dla przypadków stawów rzekomych awitalnych [5,7]. Wykonując zespolenie stabilizacją śródspikową „na zamknięto” bez otwierania stawu rzekomego unikają w ten sposób dalszego uszkodzenia ukrwienia [26].

Wydaje się, że uwzględniając etiopatogenezę stawów rzekomych poglądy, aby w stawach rzekomych witalnych stosować tylko stabilną osteosyntezę, a w awitalnych uzupełnienie dekortyzacją i wszczepami istoty gąbczastej jest słuszny. Z drugiej strony jak donosi Ficat, Wray i Werber, nawet w stawach hipertroficznym z obfitą kostniną na końcach odłamów kostnych, ze wzrostem waskularyzacji na obwodzie występuje ischaemia pomiędzy odłamami, tak więc zastosowanie dodatkowego materiału osteogennego może korzystnie wpływać na zrost kostny [27].

Następnym zagadnieniem jest wybór pomiędzy zespoleniem dynamicznym a statycznym. Wstępnie, zarówno w kończynie dolnej i górnej stosowaliśmy

zespolenie statyczne, następnie, wraz z pojawiającym się mostem kostnym, dynamizujemy zespolenie w kończynie dolnej. Umocowanie statyczne na obu końcach umożliwia optymalną kontrolę rotacji i długości, jednak zbyt długie utrzymywanie zespolenia może być szkodliwe dla trwałego procesu zrostu kostnego. Dynamizacja utrzymuje stabilność rotacyjną i pozwala na osiową kompresję podczas obciążania. W przypadku gwoździowania dynamicznego uważamy, podobnie jak Court – Brown i Niedziółka, że istotną rolę w stymulacji zrostu odgrywa także dynamiczny docisk odłamów. Uważa się, że czynnik ten jest decydujący przy uzyskaniu zrostu w stawach awitalnych i po dynamizacji [27,28,29]. Odmienne wygląda sytuacja w przypadku stawów rzekomych kości kończyny górnej, w której zalecamy stosowanie stabilizacji śródspikowej z ryglowaniem.

W naszym materiale w przypadku kości kończyny dolnej stosowaliśmy głównie zespolenie śródspikowe, a w przypadku kości kończyny górnej płytę AO. Wielu autorów podkreśla, że stosowanie płyty AO jest złotym standardem w przypadku kości ramiennej [17,30]. Uważamy, że ze względu na brak docisku osiowego w kończynie górnej ma ona szczególne zastosowanie. Dodatkowo, u chorych leczonych w Klinice, występowały objawy uszkodzenia nerwów obwodowych, które można było zrewidować. Ponadto wydaje się, że w przypadku stawów rzekomych awitalnych o sklerotycznych końcach może być problem z rozwierceniem kanału szpikowego, o czym donoszą Chapman i Verbruggen [8,30].

W przedstawionych badaniach zaobserwowaliśmy, że wynik leczenia jest przede wszystkim zależny od morfologii stawu, a najczęściej niepowodzeń występowało w stawach rzekomych aplastycznych. Wydaje się, że zwłaszcza w tej grupie można rozważyć stosowanie metod alternatywnych do dekortyzacji. Należy jednak stwierdzić, że 75% chorych wyleczonych ze stawami rzekomymi aplastycznymi jest wynikiem porównywalnym z publikowanymi w piśmiennictwie przez innych autorów, przy stosowaniu przeszczepów zarówno auto-, jak i alloprzeszczepów [31,32].

WNIOSKI

1. Operacja metodą dekortyzacji daje bardzo dobre wyniki w leczeniu stawów rzekomych oligotroficznych i dysplastycznych, niepowodzenia tej metody zwykle dotyczą stawów rzekomych aplastycznych.
2. Wynik leczenia i czas uzyskania zrostu po leczeniu metodą dekortyzacji jest zależny od morfologii stawu rzekomego.
3. Staw rzekomy hipertroficzny nie jest zwykle wskazaniem do leczenia operacyjnego, jednak w indywidualnych przypadkach, zwłaszcza w zakresie kończyny górnej leczenie metodą dekortyzacji daje dobry wynik.

PIŚMIENICTWO

1. Blumenfeld J. Pseudoarthrosis of the long bones. *J Bone Joint Surg* 1947; 29: 97-106
2. Dunn N. Treatment of ununited fractures. *Brit Med J* 1939; 2: 221-23
3. Forbes D. Subcortical iliac bone grafts in fracture of the tibia. *J Bone Joint Surg* 1961; 43: 672-79
4. Judet R, Patel A. Decortication osteomusculaire. *Rev Chir Orthop* 1972; 58: 147-50
5. Tylman D, Dziak A. *Traumatologia narządu ruchu*. Warszawa: PZWL; 1996
6. Górecki A. Czynniki wzrostu i tkanka kostna. Warszawa: ASPRA-JR; 2004
7. Tylman D. Gojenie się złamania kości – aspekty biologiczne i wpływ czynników fizycznych. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 1986; 51: 433-46
8. Chapman MW, Woo S. Principles of fracture healing. W: *Operative orthopedics*. Philadelphia: J. B. Lippincott Company; 1998. str. 115-121
9. Zgliczyński SL. *Radiologia*. Warszawa: PZWL; 1989
10. Weber BG, Cech O. Pseudoarthrosis: pathophysiology, biomechanics, therapy, results. New York-San Francisco-London: Grune and Stratton Jovanovich Publishers; 1976
11. Guerkow H, Lohmann C, Liu Y et al. Pulsed electromagnetic fields increase growth factor release by non-union cells. *Clin Orthop* 2001; 384: 265-79
12. Gebauer D, Mayr E, Orthner E, Ryaby J. Low-intensity pulsed ultrasound: Effects on nonunions. *Ultrasound in Medicine & Biology* 2005, 31: 1391-1402
13. Karamitros A, Kalentzos V, Soucacos P. Electric stimulation and hyperbaric oxygen therapy in the treatment of non-union. *Injury* 2006, 37S: S36-S73
14. Stewart MJ, Hundley JM. Fractures of the humerus: a comparative study in methods of treatment. *J Bone Joint Surg* 1995; 37: 681-92
15. Keating JF, O'Brien P, Blachut P et al. Locked intramedullary nailing with and without reaming for open fractures of the tibial shaft: a prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg* 1997; 79: 334-41
16. Hammer R, Hammerby S, Lindholm B. Accuracy of radiologic assessment of tibial shaft fracture union in humans. *Clin Orthop* 1985; 199: 233-38
17. Lavini F, Brivio L, Pizzoli A, Giotakis N, Bartolozzi P. Treatment of non-union of the humerus using the Orthofix external fixator. *Injury* 2001; 32: 35-40
18. Martinez A, Herrera A, Cuenca J. Marchetti nailing with decortication and bone graft in non-unions of the upper two-thirds of the humerus. *Chirurgie de la Main* 2002; 21: 28-32
19. Velde E, van der Werken C. Plate osteosynthesis for pseudoarthrosis of the humeral shaft. *Injury* 2001; 32: 621-24
20. Król J, Pucher A, Włodarczyk R. Leczenie stawów rzekomych kości długich dekortyzacją kostno-mięśniową według Judet'a-Forbes'a. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 1973; 38: 551-61
21. Karpina B. Ocena wyników leczenia sposobem Judet'a-Forbes'a zaburzeń zrostu złamań kości długich. Poznań: Praca doktorska AM; 1994
22. Brownlow H, Reed A, Hamish A, Simpson R. The vascularity of atrophic non-unions. *Injury* 2002; 33: 145-50
23. Gonschorek O, Muckley T, Trapp O, Josten C. Femoral and tibial nonunion. *Trauma und Berufskrankheit* 2005; 7: 258-65
24. Megas P, Panagiotopoulos E, Skriviliotakis S, Lambiris E. Intramedullary nailing in the treatment of aseptic tibial non-union. *Injury* 2001; 32: 233-39
25. Ajmal M, O'Sullivan M, McCabe J, Curtin W. Antegrade locked intramedullary nailing in humeral shafts fractures. *Injury* 2001; 32: 692-4
26. Reed A, Joyner C, Brownlow H, Simpson A. Human atrophic non-unions are not avascular. *J Orthop Res* 2002; 20: 593-9
27. Court-Brown C, Keating J, Christie J, McQueen M. Exchange intramedullary nailing: its use in aseptic tibial nonunion. *J Bone Joint Surg* 1998; 77B: 407-11
28. Niedziółka J. Osteosynteza śródspikowa w leczeniu zaburzeń zrostu kości długich. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2000; 65: 427-30
29. Niedźwiecki T, Szuścik M, Niedźwiecki Ł. Blokowany gwóźdź śródspikowy z rozwierceniem jamy szpikowej w leczeniu stawów rzekomych kości udowej i piszczelowej. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2002; 67: 491-98
30. Verbruggen J, Stapert J. Failure of reamed nailing in humeral non-union: an analysis of 26 patients. *Injury* 2005; 36: 430-38
31. Safoury Y. Free vascularized fibula for the treatment of traumatic bone defects and nonunion of the forearm bones. *J Hand Surg* 2005; 30: 67-72
32. Soucacos P, Dailiana Z, Beris A, Johnson E. Vascularized bone grafts for the management of non-union. *Injury* 2006; 37: 41-50.