

**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

**Wiktor Orzechowski<sup>(A,B,D,E)</sup>, Leszek Morasiewicz<sup>(B,D,E)</sup>,**  
**Szymon Dragan<sup>(B,D)</sup>, Artur Krawczyk<sup>(B,D)</sup>,**  
**Mirosław Kulej<sup>(E,F)</sup>, Tomasz Mazur<sup>(E,F)</sup>**

Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Akademii Medycznej, Wrocław  
 Department of Orthopaedics and Musculoskeletal Traumatology, Medical University, Wrocław

## Zastosowania osteogenezy dystrakcyjno-kompresyjnej w leczeniu pourazowych stawów rzekomych przedramienia

*Treatment of non-union of forearm bones using distraction-compression osteogenesis*

**Slowa kluczowe:** kości, brak zrostu, metoda Ilizarowa

**Key words:** bones, non-union, Ilizarov method

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Celem pracy jest przedstawienie szerokich możliwości, jakie daje metoda Ilizarowa w leczeniu pourazowych stawów rzekomych przedramienia z towarzyszącym skróceniem i zniekształceniem osi, w sposób zamknięty, z jednoczesną korekcją osi i wydłużaniem.

**Materiał i metoda.** Autorzy prezentują 6 chorych leczonych operacyjnie wg metody Ilizarowa w latach 2001-2005, z powodu vitalnego stawu rzekomego kości przedramienia – 5 przypadków kości promieniowej; 1 przypadek obie kości. We wszystkich przypadkach ze stawem rzekomym współistniało izolowane skrócenie kości promieniowej od 2 do 3 cm oraz koślawe zniekształcenie osi kości promieniowej ze zniekształceniem w płaszczyźnie strzałkowej u 4 chorych (przodowygięcie 2 i tyłowygięcie 2 przypadki). U wszystkich chorych występowały ograniczenia ruchomości rotacyjnej przedramienia oraz ruchomości nadgarstka. U większości chorych zastosowano aparat Ilizarowa w modyfikacji autora z użyciem mini-grotów Schanxa pozwalającą na zachowanie ruchów rotacyjnych przedramienia. W 3 przypadkach prowadzono jednopoziomową powolną korekcję zniekształcenia z jednoczesnym wydłużeniem w obrębie stawu rzekomego. W 2 przypadkach prowadzono jednoczesną powolną korekcję zniekształcenia z kompresją stawu rzekomego i wydłużanie poza stawem rzekomym. W 1 przypadku dokonano kompresji stawu rzekomego kości lokciowej z powolną korekcją osi i kompresją stawu rzekomego kości promieniowej. Dystrukcje i korekcje rozpoczęto w 7 dobie pooperacyjnej w tempie od 0,25 do 1 mm na dobę i odpowiednio od 1° do 2° na dobę.

**Wyniki.** Czas korekcji i dystrukcji wynosił średnio 63,3 dni (40-90 dni). Całkowity czas stabilizacji wynosił średnio 25,4 tygodni (20-35 tygodni). U wszystkich chorych uzyskano zrosty kostne. We wszystkich przypadkach uzyskano znaczną poprawę funkcji kończyny. U wszystkich chorych występowały okołoszczepowe odczyny zapalne. U 1 chorego doszło do gronkowcowego zakażenia okołoszczepowego tkanek miękkich, które ustąpiło po 3-tygodniowej celowanej antybiotykoterapii.

**Wnioski.** Metoda Ilizarowa pozwalaająca na jednoczesną korekcję osi i/lub dystrukcję czy też kompresję, jest metodą leczenia z wyboru w odniesieniu do stawów rzekomych kości przedramienia z współistniejącym skróceniem i zniekształceniem osi.

### SUMMARY

**Background.** The goal of the study is presentation broad abilities like gives Ilizarov method in the treatment of posttraumatic nonunion of forearm with concomitant shortening and axis deformity, in minimally invasive technique, with contemporary axis correction and lengthening.

**Material and methods.** Authors present 6 patient operated on with the use of Ilizarov method, in years 2001-2005, suffer from vital nonunion of the forearm – 6 cases radius; 1 case ulna and radius. In all cases with nonunion concomitant shortening of the radius from 2 to 3 cm and valgosity of radius with deformity in sagittal plane in 4 patients (2 antecurvature, 2 retrocurvature). All patients had restricted rotation ROM of forearm and restriction of wrist motion. Author's modification of Ilizarov apparatus (with mini-Schanz's half-pins, which permitted rotation of forearm) was used in most of patients. In 3 cases monofocal slow correction with lengthening within nonunion was performed. In 2 cases bifocal, one-step slow correction of deformity and compression within nonunion with lengthening was performed. In 1 remaining case compression of ulna nonunion and compression with deformity correction of radius nonunion were performed. Distraction and correction start in 7 postoperative day in rate from 0,25 to 1 mm/day and correspondingly from 1 to 2°/day.

**Results.** Time of correction and distraction was average 63,3 days (40 – 90 days). Total time of stabilization was average 25,4 weeks (20 – 35 weeks). Bone union was obtained in all patients. In all cases considerable recovery of limb function was achieved. All patients had superficial pin-tract infection. One patient had staphylococcal pin-tract infection of soft tissues, which retreat after 3-weeks guided antibiotic therapy.

**Conclusion.** The Ilizarov method permit for contemporary axis correction and/or distraction or compression. There is the method of choice in the treatment of nonunion of forearm with concomitant shortening and axis deformity.

Liczba słów/Word count: 5373

Tabele/Tables: 1

Ryciny/Figures: 3

Piśmiennictwo/References: 15

Adres do korespondencji / Address for correspondence  
 Dr med. Wiktor Orzechowski,  
 50-156 Wrocław, ul. Modrzewskiego 14/9  
 tel./fax: (0-71) 342-72-29, e-mail: viktor2000@o2.pl

Otrzymano / Received 23.03.2007 r.  
 Zaakceptowano / Accepted 11.06.2007 r.

## WSTĘP

Pourazowe stawy rzekome trzonów kości przedramienia nie należą do częstych jednostek chorobowych w chirurgii urazowej i ortopedii. Współczesne metody stabilizacji złamań przedramienia pozwalają na uzyskanie wysokiego odsetka zrostu wahającego się wg danych z piśmienictwa od 97,1 do 100% [1,2,3,4,5].

W przypadku złamań trzonów kości przedramienia z rozkawałkowaniem odsetek stawów rzekomych może być większy, sięgający 12% [6].

Powyższe dane jakże różnią się od danych w piśmienictwie rosyjskim pochodzących z okresu 1959-1970, kiedy to częstość występowania pourazowych stawów rzekomych przedramienia sięgała nawet 43% [7].

Ze względu na złożoną budowę anatomiczną i biomechanikę, przedramię jest niewątpliwie „trudnym” segmensem zarówno do leczenia złamań, jak i do wydłużania i korekcji zniekształceń [8]. Stawy rzekome kości promieniowej między innymi powstają w wyniku niedostatecznej stabilizacji złamań. Złamanie kości łokciowej, pełniącej rolę stabilizatora usztywniającego cały układ przedramienia, może być z powodzeniem stabilizowane u dzieci 1 drutem Kirschnera. Natomiast ruchoma kość promieniowa wymaga solidniejszej stabilizacji. Niemniej jednak pojawiają się doniesienia o dobrych wynikach śródszpikowej stabilizacji złamań przedramienia drutami Kirschnera, ale u dzieci.

Altay i wsp. [9] podają 2,5% stawów rzekomych. Lam i wsp. [10] uzyskali zrost w 100% przypadków, ale 8% zniekształceń osi w zakresie od 10 do 15°.

Tradycyjne metody operacyjnego leczenia stawów rzekomych przedramienia pozwalają co prawda na osiągnięcie dobrych wyników, ale wiąże się to z koniecznością zastosowania przeszczepów kostnych oraz koniecznością operacyjnego usuwania implantu. Nie dają również możliwości jednoczesnego korygowania zniekształceń i wydłużania [11].

Wprowadzenie okreżnych stabilizatorów zewnętrznych w połączeniu z metodą Ilizarowa stworzyło nowe możliwości leczenia stawów rzekomych pozwalające na jednoczesne wydłużanie i korekcję osi kończyny.

Kompleksowe leczenie stawów rzekomych metodą Ilizarowa można przeprowadzić kilkoma sposobami. Leczenie to może być jedno lub wieloetapowe. W odniesieniu do pourazowych stawów rzekomych przedramienia najczęściej znajduje zastosowanie leczenie jednoetapowe z uwagą na towarzyszące zwykle niewielkie skrócenie kości.

Leczenie może być jednopoziomowe lub dwupoziomowe. Leczenie jednopoziomowe opracowane przez Ilizarowa polega na zastosowaniu wstępnej kompresji i późniejszej dystrukcji w obrębie stawu rzekomego. Ten sposób leczenia zarezerwowany jest dla skonsolidowanych, witalnych stawów rzekomych.

Leczenie dwupoziomowe polega na kompresji w obrębie stawu rzekomego i jednoczesnym wydłużaniu w innym miejscu tej samej kości.

Celem pracy jest przedstawienie możliwości jakie daje metoda Ilizarowa w leczeniu pourazowych stawów rzekomych przedramienia z towarzyszącym skróceniem i zniekształceniem osi.

## BACKGROUND

Postraumatic non-unions of forearm bone shafts are not frequently seen in traumatological and orthopaedic practice. Contemporary methods of osteosynthesis of forearm fractures ensure a high percentage of successful bone unions, ranging from 97.1 to 100 % according to various authors [1,2,3,4,5].

In comminuted forearm fractures, the percentage of non-unions may be higher, coming up to 12% [6].

The above data differ from data presented by Russian authors in the period 1959-1970, when the incidence of posttraumatic non-union reached 43% [7].

Because of a complex anatomic structure and biomechanics [8], the forearm is a "problematic" part of the body, with regard to both the treatment of fractures and bone lengthening as well as correction of deformities. The causes of radius non-union include insufficient stability of osteosynthesis. Fractures of ulna, which play a role of stabiliser that stiffen entire forearm, may be successfully treated in children with 1 K-wires, while the mobile radius demands better stabilisation. There are reports about good outcomes of intramedullary K-wire stabilization of forearm fractures, but those results have been achieved in children.

Altay et al. [9] reported a 2.5% rate of non-union. Lam et al. [10] achieved bone union in all of their patients, but 8% experienced axis deformation in the range of 10 to 15 degrees.

Traditional methods of surgical treatment of forearm fractures produce good results, but involve either bone grafting or the need for surgically remove the implant [11].

The introduction of the Ilizarov method, relying on circular external fixators, opened new possibilities in the treatment of non-unions, enabling simultaneous limb lengthening and axis correction.

Comprehensive treatment of non-unions using the Ilizarov method can be carried out in a number of ways. It may involve one or many stages. In post-traumatic forearm bone non-union, one-stage treatment is more common, because the degree of associated shortening of forearm bones is usually small.

The treatment may be mono- or bifocal. Monofocal treatment, developed by Ilizarov, involves compression (first phase) and distraction at the non-union site. This method is used exclusively for consolidated and vital non-unions.

Bifocal treatment involves simultaneous compression at the non-union site and lengthening at a different location within the same bone.

The goal of the study was to present the possibilities of the Ilizarov method in the treatment of posttraumatic pseudarthroses of forearm bones with concomitant limb shortening and axis deformity.

## MATERIAŁ I METODA

W latach 2001-2005, w Katedrze i Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Akademii Medycznej we Wrocławiu, leczono operacyjnie metodą Ilizarowa 6 chorych z powodu stawu rzekomego kości przedramienia ze skróceniem i zniekształceniem osi. Grupę tę stanowiło, 5 chłopców ze stawem rzekomym kości promieniowej, w większości dzieci w okresie wzrostu, oraz 1 kobieta ze stawem rzekomym dalszej przynasady kości łokciowej i stawem rzekomym dalszej nasady kości promieniowej. Wiek chorych wahał się od 8 do 38 lat, średnio 20 lat.

Przyczyną powstania stawu rzekomego kości promieniowej u osobników płci męskiej, w 5 przypadkach było złamanie obu kości przedramienia leczone operacyjnie, w tym w 4 przypadkach poza naszym ośrodkiem, głównie z użyciem stabilizacji drutami Kirschnera, w 1 przypadku powikłane ropnym zapaleniem kości (Ryc. 3). Ostatnia chora została przyjęta do leczenia po nieudanej osteotomii korekcyjnej, wykonanej w innym ośrodku, w obrębie przynasady obu kości przedramienia po przebytym wcześniej złamaniu kości promieniowej w miejscu typowym (Tab. 1, Ryc. 1).

We wszystkich przypadkach wraz ze stawem rzekomym współistniało skrócenie kości promieniowej, na które składało się skrócenie wynikające z ubytku kostnego i skrócenie związane ze zniekształceniem osi kości promieniowej (Tab. 1).

U wszystkich chorych występowało koślawe zniekształcenie (pseudo-Madelunga) osi kości promieniowej. Twarzyszącym zniekształceniem w płaszczyźnie strzałkowej u 4 chorych (przodowygięcie – 2 przypadki i tyłowygięcie – 2 przypadki) (Tab. 1).

Skrócenie i koślawe zniekształcenie osi kości promieniowej warunkowało, we wszystkich przypadkach, ustawnienie ręki w odchyleniu promieniowym o wartości kątowej wahającej się od 30 do 40° (Tab. 1).

Zniekształceniom osi przedramienia u wszystkich chorych towarzyszyły ograniczenia w zakresie ruchomości rotacyjnej przedramienia oraz ruchomości nadgarstka (Tab. 1).

U 1 chorego zastosowano tradycyjną wersję aparatu Ilizarowa osadzonego jedynie na bazie drutów Kirschnera. W pozostałych przypadkach aparat Ilizarowa na przedramieniu osadzano w modyfikacji autora [12] tzn. w oparciu o mini-groty Schanza bez konieczności transfikacji obu kości przedramienia, co umożliwiało zachowanie ruchów rotacyjnych. Stabilizator zewnętrzny składał się z 3 pierścieni lub półpierścieni osadzonych na grotach Schanza wprowadzanych po dwa w każdym odlamie. Taki sposób stabilizacji zapewniał odpowiednią stateczność aparatu. W 2 przypadkach z uwagi na ograniczenia natury anatomicznej operowanego segmentu i konstrukcyjnej stabilizatora 1 grot Schanza zastąpiono drutem Kirschnera. U 2 chorych dodatkowo ustabilizowano rękę poprzez transfikcję czterech kości śródrečza drutem Kirschnera napiętym na półpierścieniu.

W 3 przypadkach po osadzeniu stabilizatora w kości promieniowej i po wykonanej osteotomii w obrębie pseudartozy, prowadzono jednopoziomową powolną korekcję

## MATERIAL AND METHODS

Between 2001 and 2005, 6 patients with pseudarthroses of forearm bones with limb shortening and axis deformity were treated with the Ilizarov method at the Orthopaedic Department of Wrocław University of Medicine. The patients included 5 males with non-union of forearm bones, mostly children in the period of rapid growth, and one woman with a distal non-union of the ulnar metaphysis and the distal epiphysis of the radius. The age of patients varied from 8 to 38 years, with an average age of 20 years.

In 5 cases (males), the non-unions were secondary to fractures of forearm bones treated surgically, including four treated at other centres, generally by K-wire fixation. One case was complicated by purulent osteomyelitis. The one female was admitted to our hospital after an unsuccessful correction osteotomy of the distal metaphyses of both forearm bones performed at another centre due to posttraumatic deformation following Colles fracture.

All cases of non-union were accompanied by shortening of the radius secondary to a bone defect as well as axis deformity.

All patients had valgosity of the radius (pseudo-Madelung deformity). Concomitant deformities in the sagittal plane were observed in four patients, with two cases of antecurvature and two cases of retrocurvature (Tab. 1).

In all patients, shortness and valgosity of the radius resulted in hand positioning in radial deviation of about 30-40° (Tab. 1).

A deformity of the forearm axis was accompanied in all patients by a restriction of the range of forearm rotation and wrist motion (Tab. 1).

One patient was treated by the traditional Ilizarov assembly with K-wires only. In the other patients, we employed an approach modified by the author [12] based on the Schanz mini-pin, without transfixion of both forearm bones. This technique preserved rotational movements of the forearm. The external fixator consisted of 3 rings or half-rings installed on 4 Schanz pins - two into each bone fragment. This approach guaranteed good stability of the apparatus. Because of anatomic restriction in the treated segment and structural limitations of the fixator, one Schanz pin was substituted by one K-wire in two patients. Also in two patients, the hand was additionally stabilised by transfixion of 4 metacarpal bones with one K-wire tensed on a half-ring.

In three patients, the placement of a radial fixator and osteotomy within the non-union site were followed by slow monofocal correction of the deformity with simultaneous lengthening at the site of non-union. Two patients underwent bifocal treatment i.e. slow correction of the deformity and compression of non-union and lengthening within an additionally performed osteotomy of the radius (not at the non-union site) (Tab. 1).

In the one female patient, compression of an ulnar non-union was performed with slow correction of axis and with compression of a concomitant radius non-union. In all patients with clear x-ray evidence of axis deformity in both

zniekształcenia z jednocośnym wydłużeniem w obrębie stawu rzekomego. W 2 przypadkach prowadzono leczenie dwupoziomowe tj. jednoczesną powolną korekcję zniekształcenia i kompresję stawu rzekomego oraz wydłużanie w obrębie wykonanej dodatkowo osteotomii kości promieniowej poza stawem rzekomym (Tab. 1).

U jednej chorej dokonano kompresji stawu rzekomego kości łokciowej z powolną korekcją osi i kompresją stawu rzekomego kości promieniowej (Tab. 1). U wszystkich chorych, u których w obrazie rentgenowskim zniekształce-

planes, frontal and sagittal, an Ilizarov apparatus was installed in the actual resultant plane of the deformity, without a need of later fixator reassembling. In all cases the ends of bone fragments forming the non-union percutaneous drilled.

Distraction and correction began on the 7th postoperative day. The rate of distraction was different and depended on radiographic evidence of regeneration, ranging from 0.25 to 1 mm per day. The rate of axis correction varied from 1° to 2° per day. In some cases we were forced to dis-

Tab. 1. Zestawienie chorych operowanych z powodu stawów rzekomych przedramienia  
Tab. 1. Patients operated for non-unions of forearm bones

L.p. No.	Inic. & pleć initials & gender	Wiek lata Age, years	Etiopatogeneza Pathogenesis	Skrót Cm Shortening (cm)	Twarzyszące zniekształcenia Concomitant deformities	Ruchomość przyległych stawów Mobility of adjacent joints	Leczenie Treatment	Czas korekcji dni Correction time (days)	Calkowity czas stabilizacji tygodnie Total stabilisation time (weeks)	Czas obserwacji Lata Follow-up time (years)	Powiklania, aktualne zniekształcenia ograniczenia ruchomości Complications, present deformities, mobility limitation
1.	M.M. ♂	8	Złamanie obu kości przedramienia stabilizowane drutami Kirschnera Fractures of both forearm bones, K- wire stabilisation	2	Ręka ustanowiona w odchyleniu prom. 40°, tyłowygięcie przedramienia 30° 40° radial displacement of hand, 30° retrocurvature of forearm	Ograniczenie supinacji do 50°, ograniczenie zgięcia grzbietowego nadgarstka do 30° Supination reduced to 50°, wrist dorsiflexion reduced to 30°	Powolna korekcja z jednocośnym wydłużeniem w obrębie stawu rzekomego Slow correction with concomitant lengthening within the pseudoarthrosis	40	20	6	Skrócenie 1 cm, radializacja ręki 15°, ograniczenie supinacji do 20° 1 cm shortening, 15° radialisation of the hand, limitation of supination to 20°
2.	M.B. ♀ Prawa right	35	Osteotomia korekcyjna obu kości przedramienia Corrective osteotomy of both forearm bones	3	Ręka ustanowiona w odchyleniu prom. 40° i przemieszczeniu dloniowym 40° radial displacement and palmar displacement of hand	Ręka cepowała Flail arm	Powolna korekcja osi k. promieniowej, Kompreśja stawu rzekomego k. łokciowej Slow correction of radial axis, compression of ulnar pseudoarthrosis	50	24	4	Ograniczenie supinacji do 40°, pronaci do 60°, zgięcia grzbietowego nadg. do 30° Limitation of supination to 40°, limitation of pronation to 60°, limitation of wrist dorsiflexion to 30°
3.	Ku.J. ♂	13	Złamanie obu kości przedramienia stabilizowane drutami Kirschnera Fractures of both forearm bones, K- wire stabilisation	2	Zniekształcenie osi przedramienia przodowygłęcie 20° radializacja ręki 30° Forearm axis deformity, 20° antecurvature, 30° radialisation of the hand	Skrócenie ściegna m. zginacza głębokiego kciuka Shortening of deep thumb flexor tendon	Powolna korekcja osi k. promieniowej i wydłużanie w obrębie stawu rzekomego Slow correction of radial axis, lengthening within pseudoarthrosis	60	25	3	Ograniczenie zgięcia grzbietowego nadgarstka do 45° Limitation of wrist dorsiflexion to 45°
4.	Ka.J. ♂	13	Złamanie obu kości przedramienia stabilizowane drutami Kirschnera Fractures of both forearm bones, K- wire stabilisation	3	Zniekształcenie osi przedramienia przodowygłęcie 20° radializacja ręki 30° Forearm axis deformity, 20° antecurvature, 30° radialisation of the hand	Całkowite ograniczenie supinacji Total restriction of supination	Powolna korekcja osi k. promieniowej i kompreśja stawu rzekomego z jednocośnym wydłużaniem k. Promieniowej Slow correction of radial axis and compression of pseudoarthrosis with concomitant lengthening of radius	90	28	2	Przedłużony czas konsolidacji regeneratu. Okołowszczepowe infekcja gronkowcowa. Radializacja nadgarstka 10° całkowite ograniczenie supinacji Prolonged regenerate consolidation time, staphylococcal infection around the implant, 10° radialisation of wrist, total restriction of supination
5.	P.C. ♂	38	Złamanie trzonu obu kości przedramienia leczone operacyjnie powikłane ropnym zapaleniem kości Fracture of both forearm bone shafts managed surgically, complicated by purulent osteomyelitis	3	Niedowład nerwu promieniowego. Zniekształcenie osi przedramienia radializacja ręki 30° Radial nerve paresis, forearm axis deformity, 30° radialisation of the hand	Ograniczenie supinacji do 50°, ograniczenie zgięcia grzbietowego i dloniowego nadg. do 40° Restriction of supination to 50°, limitation of dorsiflexion and plantar flexion of wrist to 40°	Powolna korekcja osi k. promieniowej i kompreśja stawu rzekomego z jednocośnym wydłużaniem k. Promieniowej Slow correction of radial axis and compression of pseudoarthrosis with concomitant lengthening of radius	80	35	2	Przemieszczenie odlamów przedłużony czas konsolidacji regeneratu. Ograniczenie supinacji do 30°, ograniczenie zgięcia grzbietowego nadgarstka do 20° Displacement of bone fragments, prolonged regenerate consolidation time, limitation of supination to 30°, limitation of wrist dorsiflexion to 20°
6.	S.M. ♂	13	Złamanie obu kości przedramienia stabilizowane drutami Kirschnera Fractures of both forearm bones, K- wire stabilisation	2	Zniekształcenie osi przedramienia tyłowygięcie 20° radializacja ręki 30° Forearm axis deformity, 20° retrocurvature, 30° radialisation of the hand	Deficyt zgięcia dloniowego nadg. do 15° całkowite ograniczenie supinacji Deficit of plantar flexion of wrist to 15°, total restriction of supination	Powolna korekcja osi k. promieniowej i wydłużanie w obrębie stawu rzekomego Slow correction of radial axis and lengthening within pseudoarthrosis	60	21	6	Ograniczenie supinacji do 20° Limitation of supination to 20°

nie osi widoczne było w obu płaszczyznach, czołowej i strzałkowej, aparat Ilizarowa zakładany był tak, aby korekcja odbywała się w wypadkowej rzeczywistej płaszczynie zniekształcenia, bez konieczności późniejszych przeróbek stabilizatora. We wszystkich przypadkach wykonano nawiercenie końcowych fragmentów kości tworzących staw rzekomy.

Dystrakcję i korekcję rozpoczęliśmy w 7 dniu pooperacyjnej. Tempo dystrakcji było zróżnicowane i zależało od jakości regeneratu w obrazie rentgenowskim wahając się od 0,25 do 1 mm na dobę. Tempo korekcji osi wałało się od 1° do 2° na dobę. W niektórych przypadkach ze względu na słabą jakość regeneratu zmuszeni byliśmy czasowo przerywać dystrakcję na okres 1–2 tygodni.

#### Przykłady przeprowadzonego leczenia

##### Przypadek 1

Chora M. B lat 35 (Tab. 1), w roku 1988 doznała złamania nasad dalszych obu kości prawego przedramienia. W dniu urazu unieruchomienie w opatrunku gipsowym dloniowo-przedramiennym bez repozykcji. Po 3 dniach dokonano repozykcji i ponownie unieruchomiono w opatrunku gipsowym. W wyniku zastosowanego leczenia uzyskano zrost ze skróceniem i przodowygięciem kości promieniowej (Ryc. 1a).

continue distraction temporarily, usually for 1-2 weeks, because of poor quality of the regenerate.

#### Examples of treatment

##### Case 1

Patient M.B., female, 35 years old (Tab.1), sustained a fracture of the distal epiphyses of both right forearm bones in 1988. The fracture was initially immobilized in a plaster cast without reduction. A reduction was carried out three days later and was followed by repeat immobilization in a plaster cast. Fracture union was achieved with concomitant shortening and antecurvature of the radius (Fig. 1a).



Ryc. 1. Chora M. B., lat 35. A – stan po złamaniu dalszych nasad obu kości prawego przedramienia. Zrost ze skróceniem i przodowygięciem kości promieniowej. B – jeden z etapów dotyczeńowego leczenia – destabilizacja zespołu po przeprowadzonej osteotomii korekcyjnej. C – stawy rzekome przynasad obu kości prawego przedramienia po 5 latach leczenia. D – instalacja stabilizatora Ilizarowa. E – stan po otwartej repozykcji kości łokciowej i dodatkowej stabilizacji drutem Kirschnera. F – zrost uzyskany po 6 miesiącach stabilizacji (w tym 50 dni korekcji osi). G – stan po usunięciu stabilizatora

*Fig. 1. Patient M. B., female 35 years old. A – fracture of the distal epiphysis of both bones of the right forearm. Union with shortening and antecurvature of the radius. B – one of the former stages of treatment – internal fixation loosening after correction osteotomy. C – pseudarthrosis of the distal epiphysis of both bones of the forearm after 5 years of treatment. D – implantation Ilizarov external fixation. E – open supplementary reposition of pseudarthrosis of distal epiphysis of ulna with the use of K-wire. F – union achieved after 6 month of stabilization, including 50 days of axis slow correction. G – final effect of treatment*

Następnie 3-krotnie operowana bez powodzenia w innych ośrodkach (Ryc. 1b). Do tutejszej kliniki chora trafiła ze stawem rzekomym przynasad obu kości prawego przedramienia po 5 latach leczenia (Ryc. 1c). Ręka ustawniona w radializacji i przemieszczeniu dloniomu z patologiczną ruchomością w obrębie stawów rzekomych.

Operowana w tutejszej klinice dnia 12-03-2003. Dokonano instalacji stabilizatora Ilizarowa w modyfikacji autora niezależnie w obrębie kości łokciowej i promieniowej (Ryc. 1d).

Ze względu na utrwalony przykurcz tkanek miękkich i niewielkie rozmiary odłamu dystalnego kości promieniowej, dodatkowo ustabilizowano rękę poprzez transfikcję czterech kości śródręcza drutem Kirschnera, napiętym na półpierścieniu. Powyższy moduł połączono z dystalnym elementem stabilizatora kości promieniowej. Dzięki temu uzyskano lepszą stabilizację oraz sterowność odłamu dalszego kości promieniowej, co ułatwiało repozycję i późniejszą kompresję międzyodłamową.

Po instalacji stabilizatora w obrębie kości łokciowej nie udało się doprowadzić do kontaktu międzyodlamowego i po dwóch tygodniach chorą ponownie operowano dokonując otwartej repozycji i dodatkowej stabilizacji drutem Kirschnera wprowadzonym w osi kości łokciowej od strony odłamu dystalnego (Ryc. 1e). Zrost uzyskano po 6 miesiącach stabilizacji (Ryc. 1f) i usunięto stabilizator (Ryc. 1g).

#### Przypadek 2

Chory Ku. J. lat 13 (Tab. 1), w czerwcu 2003 doznał złamania trzonów obu kości przedramienia lewego. Leczony początkowo w innym ośrodku, gdzie dokonano otwartej repozycji i stabilizacji śródszpikowej pojedynczymi drutami Kirschnera (Ryc. 2 a). Uzyskano zrost kości łokciowej z zachowaniem prawidłowej osi. W obrębie kości promieniowej wytworzył się staw rzekomy ze skróceniem, koślawością i tylowygłęciem kości promieniowej (Ryc. 2 b, c).

W tutejszej klinice operowany w styczniu 2004 tj. 7 miesięcy po urazie. Zastosowano połowiczny moduł aparatu Ilizarowa w modyfikacji Orzechowskiego, zainstalowany w płaszczyźnie wypadkowej deformacji kości promieniowej tzn. tak, aby umożliwić jednoczesną korekcję w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej (Ryc. 2d). Dokonano powolnej korekcji w tempie około 1° dziennie z jednoczesnym wydłużeniem 1,2 cm tak, aby odtworzyć anatomiczne relacje pomiędzy kościemi przedramienia (Ryc. 2e).

Wystarczającą konsolidację regeneratu uzyskano po 6 miesiącach od operacji i usunięto stabilizator (Ryc. 2f), kierując chorego na zabiegi rehabilitacyjne. Po 3 latach od zakończenia leczenia utrzymuje się ograniczenie zakresu zgęcia grzbietowego nadgarstka (Ryc. 2g).

#### Przypadek 3

Chory P. C. lat 38 (Tab. 1), staw rzekomy pozapalny trzonu kości promieniowej po przebytym złamaniu obu kości przedramienia, leczony operacyjnie w innym ośrodku (Ryc. 3a). Współistniejące skrócenie 3 cm. U tego chorego wykonano dwupoziomowe wydłużenie z jednoczesną kompresją stawu rzekomego (Ryc. 3b). W procesie lecze-

The patient subsequently underwent three unsuccessful operations at other centers (Fig. 1b). After five years of treatment, she was admitted to our department with a diagnosis of pseudarthroses of the distal metaphyses of the forearm bones (Fig. 1c). The hand was positioned in radial and palmar deviation and there was pathological movement within the non-union.

She was operated on in our department on 12 March 2003. An Ilizarov fixator modified by the author was installed independently for the radius and the ulna (Fig. 1d). Because of a persistent soft tissue contracture and small dimensions of the distal fragment of the radius, the hand was additionally stabilized by transfixion of four metatarsal bones with a K-wire stretched on a half-ring connected to the radial part of the Ilizarov fixator. This design enabled better stabilization and navigability of the distal bone fragment of the radius and facilitated further compression of bone fragments.

After application of the fixator to the ulna, there was no reposition. The patient needed second operating procedure. After 2 weeks, an open reduction was performed with stabilization using a K-wire inserted from the distal to the proximal part of the ulna (Fig. 1e). Union was achieved after 6 months of stabilization (Fig. 1f) and the fixator was finally removed (Fig. 1g).

#### Case 2

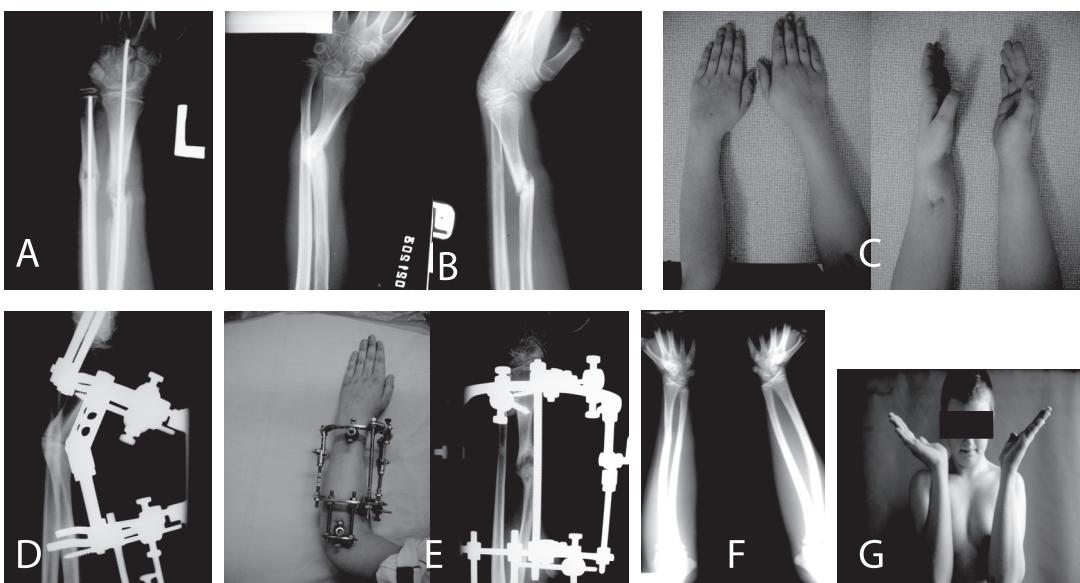
Patient K.J., a 13-year-old boy, suffered a diaphyseal fracture of a left forearm bone in March 2003. He was initially treated in another orthopaedic department where an open reduction was performed with intramedullary K-wire stabilization (Fig. 2a). The ulna healed with preserved axial alignment, while healing of the radius was complicated by a pseudarthrosis with concomitant shortening and angulation in the frontal and sagittal planes (Fig. 2b,c).

The boy was operated on in our department in January 2004, i.e. 7 months after the original injury. An Ilizarov half-fixator modified by the author was implanted in the resultant plane for simultaneous correction in the frontal and sagittal planes (Fig. 2d). Slow correction at a rate of 1 degree per day was carried out together with simultaneous lengthening by 1.2 cm to restore normal anatomical relations between the forearm bones (Fig. 2e).

Sufficient union permitting fixator removal was achieved after 6 months (Fig. 2f). Despite extensive rehabilitation, a restriction of dorsal flexion of the wrist still persists three years after completion of the treatment (Fig. 2g).

#### Case 3

Patent P.C., a 38-year-old male, developed a pseudarthrosis of the radial metaphysis with 3 cm shortening following a fracture of both forearm bones that had been managed operatively in another centre (Fig. 3a). Bifocal lengthening and compression of the non-union were performed (Fig. 3b). The treatment was complicated by slight



Ryc. 2. Chory K. J., lat 13. A – złamanie trzonów obu kości przedramienia. Repozycja i stabilizacja śródspikowa drutami Kirschnera. B – staw rzekomy kości promieniowej ze skróceniem, koślawością i tylowygęciem. C – foto deformacja przedramienia przed leczeniem. D – instalacja aparatu Ilizarowa 7 miesięcy po urazie. E – stan po powolnej korekcji z jednoczesnym wydłużeniem 1,2 cm w obrębie stawu rzekomego. F – obraz rtg po 3 latach od zakończenia leczenia. G – foto po 3 latach od zakończenia leczenia, trwałe ograniczenie zakresu zgięcia grzbietowego nadgarstka

*Fig. 2. Patient M. B., 13 years old boy. A – fracture of the diaphysis of both bones of the left forearm. Reposition and intermedullary stabilization with the use of K-wires. B – pseudarthrosis of the radius with concomitant shortening, varosity and retrocurvature. C – forearm deformity before treatment. D – application of Ilizarov external fixation 7 month after trauma. E – performed slow correction and 1,2 lengthening within pseudarthrosis. F – x-ray picture 3 years after finish of treatment. G – 3 years after finish of treatment; restricted dorsal flexion of the wrist*



Ryc. 3. Chory P. C., lat 38. A – staw rzekomy, pozapalny trzonu kości promieniowej po przebytym złamaniu obu kości przedramienia. Współistniejące skrócenie 3 cm. B – dwupoziomowe wydłużenie z jednoczesną kompresją stawu rzekomego. C – stan po 3 miesiącach od usunięcia aparatu Ilizarowa. Zrost w niewielkim tylowygęciu

*Fig. 3. Patient P. C., male 38 years old. A – postinflammatory pseudarthrosis of the radius after forearm bones fracture with concomitant shortening 3 cm. B – bifocal distraction-compression of the radius. C – 3 months after finish of treatment. Union with the slight retrocurvature*

nia doszło do niewielkiego przemieszczenia w obrębie stawu rzekomego, w miarę postępu kompresji i przedłużonego czasu konsolidacji regeneratu w szparze dystrakcyjnej. Aparat Ilizarowa usunięto po 30 tygodniach od operacji (Ryc. 3c).

## WYNIKI

Czas korekcji i dystrakcji wahał się od 40 do 90 dni, średnio 63,3 dni, natomiast całkowity czas stabilizacji wahał się od 20 do 35 tygodni i wynosił średnio 25,4 tygodnie (Tab. 1).

U wszystkich chorych uzyskano zrost kostny. W 4 przypadkach uzyskano egalizację kości promieniowych, natomiast w 2 przypadkach pozostało resztowe skrócenie wielkości 1 cm (Tab. 1). We wszystkich przypadkach uzyskano znaczną poprawę funkcji kończyny górnej oraz korzystny efekt kosmetyczny, będący istotnym czynnikiem motywującym w/wym. chorych do podjęcia leczenia.

U wszystkich chorych w trakcie leczenia występowaly okołoszczepowe odczyny zapalne z powodzeniem leczono przyjmoczkami ze spirytusu i roztworu Rivanolu, zmieszanych w proporcjach 1:1. U 1 chorego doszło do gronkowcowego zakażenia okołoszczepowego tkanek miękkich, które ustąpiło po 3-tygodniowej celowanej antybiotykoterapii (Tab. 1).

W 2 przypadkach dwupoziomowego leczenia występowały trudności w sterowaniu fragmentem kostnym znajdującym się pomiędzy stawem rzekomym a kortykotomią. Dochodziło do przemieszczeń, w miarę postępu kompresji stawu rzekomego i przedłużonego czasu konsolidacji regeneratu w szparze dystrakcyjnej.

## DYSKUSJA

Różnica w długości kończyn górnych nie powoduje tak poważnych zaburzeń czynnościowych, jak nierówność kończyn dolnych. Stąd znacznie rzadziej istnieją wskazania do ich wydłużania. Zapewne z tych powodów w światowym piśmiennictwie ortopedycznym tak niewiele publikacji dotyczy problemu leczenia stawów rzekomych lub ubytków w obrębie kości przedramienia ze współistniejącym skróceniem i znieksztalceniem osi.

El-Mowafi i wsp. [13] przedstawiają wyniki leczenia pozapalnych ubytków kości przedramienia metodą transportu kostnego w grupie 16 chorych bez korekcji osi. Średnia wielkość ubytku w tej grupie chorych wynosiła 6,4 cm. U wszystkich chorych wykonano jednopoziomową kortykotomię. Wskaźnik stabilizacji wynosił 41,5 dnia/cm. Czas stabilizacji wynosił średnio 8,9 miesiąca i był porównywalny z czasem stabilizacji u naszych 2 chorych, u których zastosowano leczenie dwupoziomowe. Z powikłań autorzy wymieniali opóźnienie zrostu w miejscu dokowania i refraktry.

Rasmussen i wsp. [14] w grupie 6 chorych z zastosowaniem stabilizatora Orthofix uzyskiwali zrost kostny, średnio po 7 (4-11) tygodniach stabilizacji, po uprzedniej 2-tygodniowej jednopoziomowej kompresji stawu rzeko-

displacement of bone fragments. The external fixator was removed after 30 weeks after the operation (Fig. 3c).

## RESULTS

Mean correction and distraction time was 63.3 days (range: 40-90 days), while total fixation time varied from 20 to 35 weeks (mean 25.4 weeks) (Tab. 1).

Bone union was achieved in all patients. Normal radius length was restored in four patients while a residual shortening of 1 cm persisted in the other two (Tab. 1). Significant improvements in limb function and cosmesis were achieved in all patients.

Superficial pin-tract infections occurred in all patients during the treatment and were treated with an etacridine lactate alcohol solution. One patient developed a deep staphylococcal pin-tract infection which resolved after 3 weeks of specific antibiotic therapy (Tab 1).

In two patients undergoing bifocal treatment, there were problems with the control of bone fragment situated between the pseudarthrosis and the corticotomy site. The treatment was complicated by bone fragment displacement with concomitant progressive compression of the pseudarthrosis and prolonged time of consolidation of the regenerate within the distraction gap.

## DISCUSSION

A difference in upper limb length leads to less severe dysfunction than lower limb inequality. Therefore, indications for upper limb lengthening are relatively rare. This probably also explains why few publications in orthopaedic literature deal with the problem of treatment of forearm non-unions with concomitant limb shortening and axis deformity.

El-Mowafi et al. [13] presented the results of treatment of postinflammatory forearm bone defects with the use of bone transport, without axis correction, in a group of 16 patients. The mean length of bone defect was 6.4 cm. Monofocal corticotomy was performed in all patients. The fixation index was 41.5 days/cm. Mean fixation time was 8.9 months and was comparable with total fixation time in the two of our patients who underwent bifocal treatment. Observed complications included delayed union at the docking site and refractures.

Rasmussen et al. [14] achieved bone union after an average of 7 weeks, preceded by 2-week monofocal compression, in a group of 6 patients treated with the Orthofix external fixator. Simultaneous correction and/or lengthening, which inevitably prolongs the treatment time, were not done in that group of patients.

mego kości przedramienia. Nie przeprowadzali oni jednokrotnie korekcji osi i /lub wydłużania, które przedłużają proces leczenia.

W dotychczas publikowanych doniesieniach indeks wydłużania dla przedramienia wynosił ponad 40 dni/cm [12,15].

Jedynie doniesienie prezentowane przez Rosjan dotyczące ponad trzykrotnie bardziej licznej grupy 20 chorych koresponduje jakościowo w odniesieniu do materiału i zastosowanej metody, z grupą leczonych przez nas chorych. Czas korekcji, w ocenianej przez Rosjan grupie chorych, wahał się od 10 do 75 dni, a czas stabilizacji od 12 do 18 tygodni. Pełną konsolidację stawu rzekomego uzyskano u 19 chorych, w tym odtworzenie pełnej funkcji przedramienia u 8 chorych. U pozostałych utrzymywały się resztkowe ograniczenia w ruchomości rotacyjnej przedramienia i ruchomości nadgarstka. W 1 przypadku doszło do nawrotu stawu rzekomego. U 1 chorego doszło do okołoszczepowego zapalenia kości, które ustąpiło po 1,5 miesięcznym leczeniu farmakologicznym [7].

## WNIOSZEK

Metoda Ilizarowa pozwalająca na jednoczesną korekcję osi i/lub dystrakcję czy też kompresję, jest metodą leczenia z wyboru w odniesieniu do stawów rzekomych kości przedramienia z współistniejącym skróceniem i zniszczeniem osi.

## PIŚMIENIĘTWO / REFERENCES

- Leung F, Chow SP. A prospective, randomized trial comparing the limited contact dynamic compression plate with the point contact fixator for forearm fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A (12): 2343-8.
- Lindvall EM, Sagi HC. Selective screw placement in forearm compression plating: results of 75 consecutive fractures stabilized with 4 cortices of screw fixation on either side of the fracture. *J Orthop Trauma* 2006; 20 (3): 157-62.
- Wei SY, Born CT, Abene A, Ong A, Hayda R, DeLong WG. Diaphyseal forearm fractures treated with and without bone graft. *J Trauma* 1999; 46 (6): 1045-8.
- Sun YQ, Penna J, Haralabatos SS, Carrión WV. Intramedullary fixation of pediatric forearm diaphyseal fractures. *Am J Orthop* 2001; 30 (1): 67-70.
- Griffet J, elHayek T, Baby M. Intramedullary nailing of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B* 1999; 8 (2): 88-9.
- Ring D, Rhim R, Carpenter C, Jupiter JB. Comminuted diaphyseal fractures of the radius and ulna: does bone grafting affect nonunion rate? *J Trauma* 2005; 59 (2): 438-41.
- Ilizarov GA, Szewcow BI, Malcew EI. Osteosyntez aparatom Ilizarova pri leczeniu ložnych sustavov kostej predplecza w abulatornych usłowiach. Czrekostrnyj komprsjonno-dystrukcjonnyj i dystrukcjonno-kompresjonnyj osteosyntez w traumatologii i ortopedii. Sbornik naucznych rabot. Wyd. II, Czelabińsk, 1976; 214-218.
- Wall A, Koprowski P. Anatomia czynnościowa i biomechanika stawu łokciowego. Materiały XXV Jubileuszowego Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Ortopedycznego i Traumatologicznego 24-26.09.1984 Łódź. PTOTr Łódź 1985; 174-177.
- Altay M, Aktekin CN, Ozkurt B, Birinci B, Ozturk AM, Tabak AY. Intramedullary wire fixation for unstable forearm fractures in children. *Injury* 2006; 37 (10): 966-73.
- SH Lam, CY Choi KY, Ng KW, Maffulli N, Cheng JC. Percutaneous intramedullary Kirschner wiring for displaced diaphyseal forearm fractures in children. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80 (1): 91-4.
- Ring D, Allenie C, Jafarnia K, Allenie BT, Jupiter JB. Ununited diaphyseal forearm fractures with segmental defects: plate fixation and autogenous cancellous bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A (11): 2440-5.
- Orzechowski W, Morasiewicz L, Krawczyk A, Dragan S, Czapinski J. Odległe wyniki wydłużania i korekcji zniekształceń przedramienia według metody Ilizarowa. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2002; (4) 3: 234-8.
- El-Mowafi H, Elalfi B, Wasfi K. Functional outcome following treatment of segmental skeletal defects of the forearm bones by Ilizarov application. *Acta Orthop Belg* 2005; 71 (2): 157-62.
- Rasmussen SW, Bak K, Tholm C. External compression of forearm nonunion. A report on 6 cases. *Acta Orthop Scand* 1993; 64 (6): 669-70.
- Rick A, Raimondo A, David L, Skaggs A. Lengthening of pediatric forearm deformities using the Ilizarov technique: Functional and cosmetic results. *J Hand Surg* 1999; 24 (2): 331-338.

Lengthening index values reported in the available literature were greater than 40 days/cm [12,15].

Data from the only report presented by Russians, concerning a three times larger sample (20 patients), correspond qualitatively with those obtained in our sample. In the Russian study, correction time varied from 10 to 75 days, while fixation time varied from 12 to 18 months. Union was achieved in 19 patients, including full restoration of limb function in 8 cases. In the remaining patients, residual restrictions of rotational movements of the forearm and motion of the wrist persisted. There was recurrence of the pseudarthrosis in one patient and transient, superficial pin-tract infection in one patient [7].

## CONCLUSION

The Ilizarov method permit for contemporary axis correction and/or distraction or compression. There is the method of choice in the treatment of nonunion of forearm with concomitant shortening and axis deformity.