

Stabilizacja śródszpikowa i wydłużanie na gwoździu śródszpikowym – dwuetapowe leczenie pourazowego stawu rzekomego uda ze skróceniem. Studium przypadku

Intramedullary Stabilization and Over-nail Lengthening as Two-stage Treatment of Femoral Nonunion with Shortening. Case Study

Wojciech Kącki^(A,B,D,E), Barbara Jasiewicz^(B,D,E,F), Paweł Radło^(B,D,E)

Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum, Wydział Lekarski, Klinika Ortopedii i Rehabilitacji, Zakopane, Polska
Jagiellonian University Medical College, Medical Faculty, Department of Orthopaedics and Rehabilitation, Zakopane, Poland

STRESZCZENIE

Jednym z cięższych powikłań złamań kości długich jest powstanie stawu rzekomego. Może mu towarzyszyć skrócenie segmentu. Autorzy przedstawiają przypadek 21-letniej chorej z pourazowym stawem rzekomym uda z jego skróceniem. Leczenie podzielono na dwa etapy – w pierwszym usunięto materiał zespalający, a następnie wykonano zespolenie śródszpikowe uda z uzupełnieniem ubytków kostnych preparatem kośćcizastępczym i podaniem czynnika bogatopłytkowego, w drugim etapie – po uzyskaniu zrostu kostnego, wykonano wydłużenie uda na stabilizatorze zewnętrznym i gwoździu śródszpikowym, uzyskując wyrównanie długości kończyn. Po 8-letnim okresie obserwacji, kończyny dolne pozostają równe, oś operowanej kończyny prawidłowa, a funkcja stawów jest pełna. Przedstawiona strategia terapii może stanowić alternatywę dla leczenia jednoetapowego w przypadku braku jego akceptacji przez chorego lub istnienia przeciwwskazań, jednak wiąże się z dłuższym czasem leczenia i koniecznością dodatkowych zabiegów operacyjnych.

Słowa kluczowe: staw rzekomy, wydłużanie, gwoździe śródszpikowy

SUMMARY

Nonunion is one of the most serious complications of long bone fractures. It may be accompanied by a shortening of the segment. The authors describe the case of a 21-year-old woman with a post-traumatic nonunion with shortening of the femur. Treatment was divided into two stages: first, a previously placed nail was removed and new intramedullary stabilization was carried out while bone defects were filled with a bone graft substitute and platelet rich plasma was administered. After the nonunion had healed, the femur was lengthened over an external fixator and an intramedullary nail, resulting in equality of limb length. After eight years of follow-up, the lower limbs remain equal with a properly aligned long axis of the lower limb operated on and a full range of motion in the joints. The treatment strategy described in our article may be an alternative to one-stage surgery if the patient does not consent to it or in the presence of contraindications, but it is associated with a longer treatment time and necessity of additional surgeries.

Key words: nonunion, lengthening, intramedullary nail

WSTĘP

Jednym z powikłań w leczeniu złamań kości długich jest brak zrostu. Dla pacjenta wiąże się on z upośledzeniem funkcji kończyny i brakiem możliwości normalnego funkcjonowania [1]. Dolegliwościom bólowym towarzyszy często skrócenie kończyny, wynikające z niepełnej lub nieprawidłowej repozycji odłamów, obecnością martwaków lub z przebudową kości – zwłaszcza w stawach rzekomych witalnych [2]. Celem leczenia jest, w pierwszym rzędzie, uzyskanie zrostu kończyny oraz, w miarę możliwości, egalizacji kończyn. Podstawą leczenia powikłań zrostu jest dobra stabilizacja, rewizja miejsca stawu rzekomego oraz stymulacja zrostu kostnego [2]. W celu wydłużenia kończyny stosujemy metody oparte na osteogenezie dystrykcyjnej. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się być jednoczasowa stabilizacja stawu rzekomego z wydłużaniem na innym poziomie [3,4,5]. Takie postępowanie może nie zostać zaakceptowane przez chorego, często zniechęconego poprzednimi operacjami. Z wielu różnych przyczyn, w niektórych przypadkach rozważane jest leczenie dwuetapowe [6].

OPIS PRZYPADKU

Dwa lata przed zgłoszeniem się do autorów pracy, 21-letnia pacjentka uległa wypadkowi komunikacyjnemu, w wyniku którego doznała złamania trzonu lewej kości udowej oraz kości lewego przedramienia. Pierwotnie była leczona w miejscu zamieszkania, gdzie wykonano zespolenie uda na gwoździu śródszpikowym ryglowanym w III dobie po urazie oraz zapatrzone złamanie przedramienia unieruchomieniem zewnętrznym. Po 7 miesiącach, z powodu braku zrostu, dodatkowo zespolono odłamy pętłą z drutu, po kolejnych dwóch miesiącach wykonano dynamizację gwoźdźnia (Ryc. 1A).

Przy przyjęciu na oddział chora zgłaszała ból w miejscu złamania, a w badaniu klinicznym zwracała uwagę chód z silnym utykaniem na lewą kończynę dolną. Objaw Trendelenburga był dodatni po stronie lewej. Zakres ruchów w stawach biodrowych i kolanowych był pełny, natomiast skrócenie względne lewej kończyny dolnej wynosiło 5 cm. Podczas badania fizykalnego wyczuwalna była niewielka ruchomość odłamów (zwłaszcza rotacyjna) z wyraźną bolesnością.

Chorą wstępnie zakwalifikowano do usunięcia materiału zespalającego z uda, rewizji stawu rzekomego z zespoleniem na aparacie Ilizarowa, z jednoczasowym wydłużaniem kości na innym poziomie. Chora nie wyraziła zgody na proponowane leczenie z użyciem stabilizatora zewnętrznego, zgodziła się

BACKGROUND

Nonunion is a complication of long bone fracture treatment resulting in impaired limb function and problems in everyday life [1]. Pain is often accompanied by limb shortening (caused by insufficient or inadequate fracture reduction) and the presence of bone sequesters or bone remodelling, especially in vital nonunions [2]. The main aim of the treatment is to achieve bone union and correct the length of the limb as much as possible. The treatment of malunion is based on adequate stabilization, revision of the nonunion site, and stimulation of bone union [2]. Limb lengthening is achieved through methods based on distraction osteogenesis. The best solution seems to involve simultaneous nonunion stabilization and lengthening at a different site [3,4,5]. The patient, often discouraged by previous surgeries, may refuse to undergo such treatment. For many various reasons, two-stage treatment is taken into consideration in some cases [6].

CASE REPORT

A 21-year-old female patient was involved in a road traffic accident and sustained a fracture of the left femoral shaft and left forearm two years before presenting to our department. The patient was initially treated at her local hospital, where the femur was fixed with a locked intramedullary nail on the third day following the injury and her fractured forearm was immobilized externally. Due to the lack of bone union, at 7 months the bony fragments were additionally fixed with a wire loop, which was followed by nail dynamization two months later (Fig. 1A).

On admission to our department, the patient reported pain at the fracture site and the clinical examination revealed a gait with severe limping on the left lower limb. Trendelenburg's sign was positive on the left side. There was a full range of motion in the hip and knee joints, and the left lower limb was relatively shortened by 5 cm. A physical examination showed little mobility (especially rotational) of the fracture fragments with considerable pain.

The patient was initially qualified for the removal of the previously placed nail from the femur, revision of the nonunion with fixation by the Ilizarov apparatus and simultaneous bone lengthening at a different site. The patient did not consent to the suggested treatment with the use of external stabilization; she consented only to the treatment of the nonunion by intramedullary fixation.

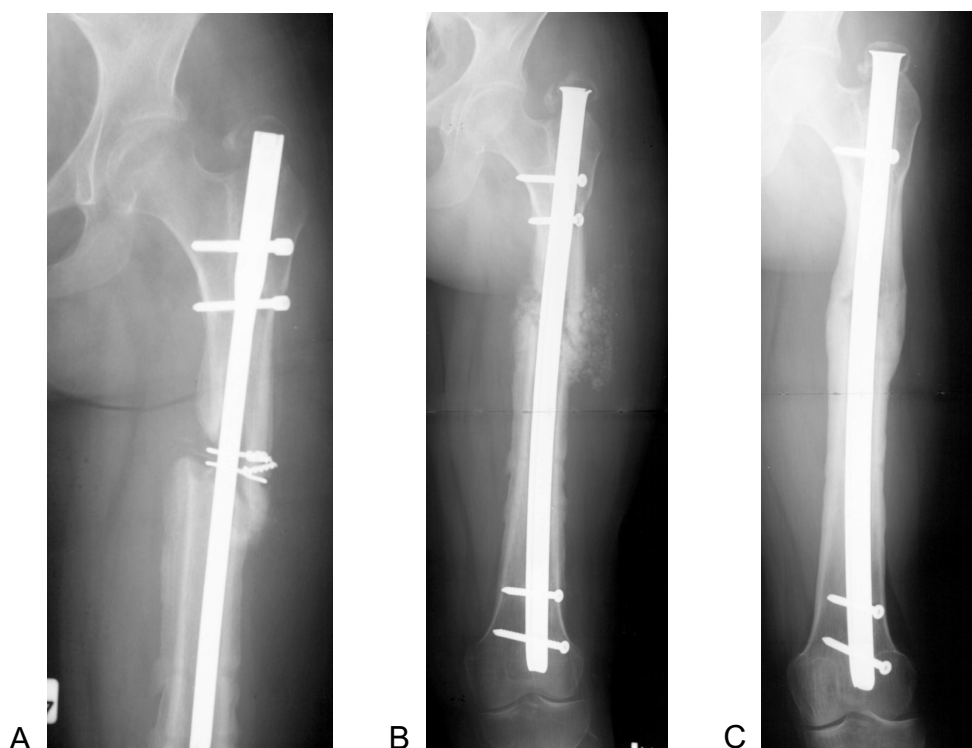
jedynie na leczenie stawu rzekomego ze stabilizacją śródspikową.

W trakcie zabiegu operacyjnego stwierdzono całkowity brak zrostu, pomiędzy odłamami kości udowej obecna była tkanka łączna, końce odłamów były sklerotyczne. Usunięto gwóźdź śródspikowy wraz z ryglami, wykonano resekcję stawu rzekomego z odświeżeniem odłamów i po rozwiercieniu jamy szpikowej wprowadzono stalowy gwóźdź śródspikowy o średnicy 16 mm i długości 340 mm. Gwóźdź zaryglowano zarówno w odcinku bliższym, jak i dalszym (Ryc. 1B). Następnie ubytki kostne w miejscu złamania wypełniono preparatem betatrójfosforanu wapnia w postaci granulek i podano czynnik bogatopłytkowy. Ranę zaszyto bez zakładania drenażu. Czas zabiegu wyniósł 3,5 godziny, strata śródoperacyjna krwi była równa 900 ml.

Chora została wypisana do domu w 5 dobie po operacji, z raną gojącą się per primam, z zaleceniem chodzenia bez obciążania operowanej kończyny. Po około 4 tygodniach po zabiegu operacyjnym, w okolicy dolnych rygli pojawiła się niewielka przetoka (posiewy jałowe), niepenetrująca do kości. Zachowawcze leczenie przetoki w miejscu zamieszkania nie było skuteczne, dlatego też po kolejnych 4 tygodniach wykonano operacyjną rewizję przetoki, jed-

During the surgery, a complete nonunion was seen with connective tissue present between the fragments of the femur; the ends of the fragments were sclerotic. The intramedullary nail was removed together with the screws, the nonunion was resected, the fracture fragments were refreshed, the medullary cavity was reamed and a steel intramedullary nail (16 mm in diameter and 340 mm in length) was introduced and locked both proximally and distally (Fig. 1B). Bone defects at the site of the fracture were then filled with β -tricalcium phosphate granules and platelet rich plasma was administered. The wound was sutured without applying drainage. The procedure lasted 3.5 hours and the intraoperative blood loss was 900 ml.

The patient was discharged home on the fifth post-operative day with the surgical wound healing by first intention and was instructed to walk without loading the operated limb. Approx. 4 weeks after the procedure a small fistula, not penetrating to the bone, appeared in the region of the lower interlocking screws (cultures were sterile). Conservative treatment of the fistula at the patient's local hospital was not effective and surgical revision of the fistula was performed after 4 more weeks with simultaneous intramedullary nail dynamization by removing one proximal inter-



Ryc.1. Chora CA. Radiogram przednio-tylny lewego uda. A. przed leczeniem; B. po pierwszej operacji; C. zrost stawu rzekomego
Fig. 1 Patient CA. Anteroposterior radiograph of the left femur. A. before treatment; B. after the first surgery; C. bone union

nocześnie dynamizując gwóźdź śródszpikowy poprzez usunięcie jednego rygla w odcinku bliższym. Po czterech dniach chora została wypisana do domu z zaleceniem chodzenia, z częściowym obciążaniem operowanej kończyny. W trakcie dalszego leczenia nie występowały żadne problemy z gojeniem się ran pooperacyjnych. Pełny zrost kostny stwierdzono w trakcie kontroli 6 miesięcy po zabiegu operacyjnym (Ryc. 1C).

Chora ponownie zgłosiła się do Kliniki po roku, z prośbą o wydłużenie uda. Przy przyjęciu ruchomość w stawach obu kończyn dolnych była pełna. Skrócenie uda lewego wynosiło 5 cm, oś kończyny była prawidłowa. Pacjentka została zakwalifikowana do wydłużania uda na gwóźdźu śródszpikowym i stabilizatorze zewnętrznym monolateralnym. Zabieg operacyjny wykonano w znieczuleniu zewnątrzoponowym. Polegał on na usunięciu rygli z odcinka dalszego gwoźdźa, wkręceniu czterech grotów Schanza (dwa w okolicy krętarza, dwa w okolicy dalszej uda) i zamontowaniu stabilizatora monolateralnego (Ryc. 2A). Następnie wykonano na otwarto osteotomię uda w okolicy podkrętarzowej. Czas zabiegu wyniósł 2,5 godz. Dystrakcję w tempie $4 \times 1/4$ obrotu (1 mm/dobę) rozpoczęto w 3 dobie po zabiegu. Pomimo prowadzonej przez dwa tygodnie dystrakcji, nie udało się uzyskać rozciągnięcia odłamów, dlatego też podjęto decyzję wymiany gwoźdźa śródszpikowego na gwóźdź o mniejszej średnicy. Zaimplantowano gwóźdź o średnicy 12 mm i długości 360 mm, nie zmieniając położenia stabilizatora zewnętrznego. Czas zabiegu wyniósł 1 godzinę, a chora została wypisana do domu w 4 dobie po zabiegu, z zaleceniami prowadzenie dystrakcji oraz chodzenia z częściowym obciążaniem operowanej kończyny. Ze względu na obawę o przedwczesny zrost, dystrakcję prowadzono początkowo w tempie $4 \times 1/2$ mm, a następnie $4 \times 1/4$ mm. W trakcie dystrakcji formowanie regeneratu oceniano jako prawidłowe. Po uzyskaniu planowanego wydłużenia (5 cm) usunięto stabilizator zewnętrzny, a gwóźdź śródszpikowy zaryglowano dwoma ryglami w odcinku dalszym (Ryc. 2B). Pełne uwapnienie regeneratu stwierdzono 6 miesięcy po zabiegu. Czas dystrakcji wyniósł 40 dni, a czas stabilizacji 180 dni. Całkowity czas leczenia był równy 220 dni, co daje indeks wydłużania 44d ni/cm. Po zakończeniu leczenia oraz w trakcie ostatniej kontroli – 8 lat od rozpoczęcia leczenia – kończyny równe, oś operowanej kończyny była prawidłowa (Ryc. 2C). Ruchomość w stawach kończyn dolnych pozostała pełna, staw kolanowy operowanej kończyny był stabilny. Mimo sugestii ze strony lekarzy, chora nie wyraża zgody na usunięcie gwoźdźa śródszpikowego.

locking screw. The patient was discharged home after 4 days and instructed to walk with partial load on the operated limb. No problems with post-operative wound healing were encountered during further treatment. Complete bone union was seen at a follow-up visit 6 months after the surgery (Fig. 1C).

The patient presented to the Department again one year later requesting femur lengthening. On admission, the lower limb joints demonstrated intact mobility bilaterally. The left thigh was shortened by 5 cm and the long axis of the limb was properly aligned. The patient was qualified for femur lengthening over an intramedullary nail with the use of a monolateral external fixator. The surgery was conducted under epidural anaesthesia. It consisted in removing the distal screws locking the nail, placing four Schanz screws (two in the region of the trochanter and two in the distal part of the femur), and applying a monolateral fixator (Fig. 2A). Next, an open subtrochanteric femoral osteotomy was performed. The procedure lasted 2.5 hours. Distraction at a rate of $4 \times 1/4$ turn (1 mm per day) was commenced on the third post-operative day. After two weeks of distraction, the fragments were not separated and a decision was made to replace the intramedullary nail with one of a smaller diameter. An intramedullary nail of 12 mm in diameter and 360 mm in length was used while the position of the external fixator was not altered. The procedure lasted 1 hour. The patient was discharged home on the fourth post-operative day and was instructed to continue distraction and walk with partial load on the operated limb. We were concerned that premature bone union was a possibility and so the distraction was initially carried out at a rate of $4 \times 1/2$ mm and then $4 \times 1/4$ mm. The new bone formation during the distraction was assessed as normal. When the planned lengthening (5 cm) had been achieved, the external fixator was removed and the intramedullary nail was locked distally with two screws (Fig. 2B). The newly formed bone was fully calcified at 6 months after the procedure. The distraction lasted 40 days while the stabilization took 180 days. Total treatment time was 220 days; consequently, the lengthening index was 44 days/cm. At the completion of the treatment and during the last follow-up visit (8 years after the beginning of the treatment), the limbs were equal and the long axis of the operated limb was properly aligned (Fig. 2C). There mobility in lower limb joints was still intact and the knee of the operated limb was stable. Despite the doctors' suggestions, the patient does not agree to having the intramedullary nail removed.



Ryc. 2. Chora CA. Radiogram przednio-tylny lewego uda. A. w czasie wydłużania na aparacie monolateralnym i gwoździu śródszpikowym; B. po zdjęciu stabilizatora zewnętrznego i zaryglowaniu gwoźdźcia; C. po zakończeniu leczenia

Fig. 2. Patient CA. Anteroposterior radiograph of the left femur. A. during lengthening with a monolateral apparatus and intramedullary nail; B. after removing the external fixator and locking the nail; C. after treatment completion

DYSKUSJA

W ostatnich dekadach obserwowaliśmy rozwój nowoczesnych technik stabilizacji złamań trzonu kości udowej, tak więc zaburzenia zrostu uda zdarzają się coraz rzadziej. Niestety nie udało się całkowicie wyeliminować powstawanie stawu rzekomego, który jednoznacznie upośledza funkcję kończyny [7]. Często wiąże się on z zaburzeniem osi kończyny, jej skróceniem oraz zakażeniem w miejscu stawu rzekomego [2]. Skrócenie kończyny niekorzystnie wpływa na biomechanikę chodu, a dodatkowo stanowi istotny problem kosmetyczny. Wskazaniem do wydłużania jest skrócenie kończyny powyżej 4 cm, lecz często skrócenie już rzędu 2,5-3cm jest źle tolerowane przez pacjenta [5]. Cele leczenia stawu rzekomego to uzyskanie zrostu kończyny w prawidłowym ustawieniu odłamów, wygojenie stanu zapalnego oraz równa długość obu kończyn. Do uzyskania zrostu kluczowa jest dobra, mocna stabilizacja. Po okresie przewagi stabilizacji wewnętrznej na płytkach, nastąpił okres większej popularności aparatów zewnętrznych umożliwiających dobrą kompresję i stabilizację odłamów [3,5,8]. W ostatnich latach rozwój nowoczesnych opartych na gwoździach śródszpikowych oraz nowoczesnych płytkach spowodował ogranicze-

DISCUSSION

Over the last few decades we have witnessed the development of modern techniques of femoral shaft fracture fixation. Consequently, femoral bone union disturbances have been reported less and less often. Unfortunately, we have not been able to eliminate the development of nonunion, which clearly impairs limb function [7]. A nonunion is often connected with malalignment of the limb's long axis, limb shortening, and infection at the nonunion site [2]. Limb shortening has a negative effect on gait biomechanics and constitutes a serious cosmetic problem. Shortening of the limb exceeding 4 cm is an indication for limb lengthening, but, not infrequently, shortening of as little as 2.5-3 cm is poorly tolerated by the patient [5]. The aims of nonunion treatment include achieving bone union with adequate fracture fragment position, healing of the inflammation, and equal length of both limbs. Good, strong stabilization is the basis of bone union. After a period of popularity of internal stabilization with plates, external apparatuses, providing good compression and fracture fragment fixation, became more widespread [3,5,8]. Recently, the development of modern techniques using intramedullary nails and modern plates has resulted in limi-

nie wskazań do stosowania aparatu Ilizarowa [1,7,9,10]. W naszym przypadku wybór stabilizacji wewnętrznej był oczywisty – nie było stanu zapalnego, co mogłoby przemawiać za aparatem zewnętrznym. Jednocześnie chora wybrała możliwie najkrótszą opcję leczenia – początkowo nie rozważała wydłużania kończyny. Stabilizacja na gwoździu śródszpikowym była uzupełniona podaniem środków o działaniu osteogennym. Znaczenie środków i substancji przyspieszających zrost kostny jest oczywiste, niekiedy można nawet spotkać sformułowanie „terapia komórkowa” [11]. Po uzyskaniu zrostu, chora zdecydowała się na egalizację kończyn. Wydłużanie na istniejącym uprzednio gwoździu śródszpikowym lub z wykorzystaniem blachy po zespoleniu były opisywane już przez innych autorów [12,13]. Kim i wsp. wykorzystał gwoździe śródszpikowy, na którym stabilizowano złamanie – i na nim przeprowadził wydłużenie typu „wydłużania na gwoździu” [12]. Nie spotkaliśmy się jednakże w piśmiennictwie, aby ktoś w taki sposób leczył staw rzekomy przebiegający ze skróceniem uda. Stabilizator monolateralny był w tym wypadku rozwiązaniem z wyboru – wygodniejszy niż aparat Ilizarowa, a przy obecnym gwoździu śródszpikowym, możliwy do zastosowania bez obawy o oś kończyny [14]. Wykorzystanie techniki „wydłużania na gwoździu” pozwoliło skrócić czas noszenia aparatu zewnętrznego w porównaniu zarówno do klasycznych technik wydłużania, jak i technik z wykorzystaniem transportu kostnego na aparacie Ilizarowa [9,10,12,14,15].

Można się zastanawiać, czy planując leczenie nie powinno się uwzględnić dobranej odpowiedniej średnicy gwoźdźcia śródszpikowego, który powinien pozwolić na prowadzenie dystrakcji odłamów w dalszym etapie. W przedstawionym przez nas przypadku, początkowo nie planowaliśmy wydłużania kończyny, dlatego też stabilizację wykonano na gwoździu o maksymalnej średnicy, co spowodowało konieczność jego późniejszej wymiany. Pozostaje otwarte pytanie, czy węższy gwoździec nie spowodowałby wolniejszego zrostu stawu rzekomego z powodu gorszej stabilizacji odłamów.

Podsumowując, przedstawione dwuetapowe postępowanie lecznicze pozwala na skuteczne leczenie stawu rzekomego z następową egalizacją kończyny.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Lynch JR, Taitsman LA, Barei DP, Nork SE. Femoral nonunion: risk factors and treatment options. *J Am Acad Orthop Surg* 2008; 16(2): 88-97.
2. Gelalis ID, Politis AN, Arnaoutoglou CM, et al. Diagnostic and treatment modalities in nonunions of the femoral shaft: a review. *Injury* 2012; 43(7): 980-8.
3. Marsh DR, Shah S, Elliott J, Kurdy N. The Ilizarov method in nonunion, malunion and infection of fractures. *J Bone Joint Surg (Br)* 1997; 79(2): 273-9.

ting the range of indications for the use of the Ilizarov apparatus [1,7,9,10]. In our patient, the decision to use internal stabilization was obvious as there was no inflammation which could constitute an indication for applying an external apparatus. In addition, the patient chose the shortest treatment option available as at first she did not take limb lengthening into consideration. Intramedullary nail fixation was accompanied by the administration of substances possessing osteogenic properties. The importance of the means and substances accelerating bone union is obvious; they are actually sometimes called „cell therapy” [11]. After achieving bone union, our patient decided to undergo limb length correction. Lengthening on a previously placed intramedullary nail or with the use of a plate after fixation has been previously described by other authors [12,13]. Kim et al. used an intramedullary nail on which the fracture had been fixated and conducted over-nail lengthening [12]. However, we have not encountered papers describing the use of this treatment in the case of a nonunion with femur shortening. A monolateral fixator was in this case a solution of choice as it was more comfortable than the Ilizarov apparatus and with the presence of an intramedullary nail it could be used without any risk of limb axis malalignment [14]. The use of the „over-nail” technique allowed for a reduced time of external apparatus application as compared with both the classic lengthening techniques and the methods using bone transport on the Ilizarov apparatus [9,10,12,14,15].

During treatment planning, it may be advisable to consider selecting an appropriate intramedullary nail diameter which should allow for conducting distraction of the fragments later. In our case, we did not initially plan to lengthen the limb and thus its stabilization was conducted over a nail of a maximum diameter, which was why it had to be subsequently replaced. The question whether a narrower nail would have caused slower bone union due to poorer fragment fixation remains open.

To sum up, the two-stage treatment presented in this paper allows for successful treatment of nonunion with subsequent limb length correction.

4. Morasiewicz L, Orzechowski W, Kulej M, Stepniewski M. The results of treatment of bone defects and non-union within the femoral shaft with shortening of femur using Ilizarov metod. *Ortop Traumatol Rehabil* 2007; 4: 366-76.
5. Tesiorowski M, Zarzycka M. *Podstawowe zasady wydłużania kończyn*. Kraków: Wyd. Kasper sc; 1998.
6. Said GZ, Farouk OA, Said HG. Two-stage surgical treatment for non-union of a shortened osteoporotic femur. *Trauma Mon* 2013; 18(1).
7. Somford MP, Bekerom van MPJ, Kloen P. Operative treatment for femoral shaft nonunions, a systematic review of the literature. *Strat Traum Limb Recon* 2013; 8: 77-88.
8. Paley D, Chaudray M, Pirone AM, Lentz P, Kautz D. Treatment of malunions and mal-nonunions of the femur and tibia by detailed preoperative planning and the Ilizarov technique. *Orthop Clin North Am* 1990; 21: 667-91.
9. Iacobellis C, Berizzi A. Bone transport using the Ilizarov method: a review of complications in 100 consecutive cases. *Strat Traum Limb Recon* 2010; 5: 17-22.
10. Oostenbroek HJ, Brand R, Roermund van PM. Lower limb deformity due to failed trauma treatment corrected with the Ilizarov technique. Factors affecting the complication rate in 52 patients. *Acta Orthopaedica* 2009; 80(4): 435-9.
11. Filho RB, Lermontov S, Borojevic R, Schott PC, Gameiro VS, Granjeiro JM. Cell therapy of pseudoarthrosis. *Acta Ortop Bras* 2012; 20(5): 270-3.
12. Kim HJ, Fragomen AT, Reinhardt K, Hutson JJ Jr, Rozbruch SR. Lengthening of the femur over an existing intramedullary nail. *J Orthop Trauma*. 2011;25(11) :681-4.
13. Kosuge DP, Pugh H, Timms A, Barry M. Limb lengthening for post-traumatic shortening over a pre-implanted femoral locking plate. *J Orthop Trauma* 2013; 27(3): e57-64.
14. Jasiewicz B, Kacki W, Tesiorowski M, Potaczek T. Results of femoral lengthening over an intramedullary nail and external fixator. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol* 2008; 73(3): 177-83.
15. Koczewski P, Shadi M. Factors influencing bone regenerate healing in distraction osteogenesis. *Ortop Traumatol Rehabil* 2013; 15(6): 591-9.

Liczba słów/Word count: 3655

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 2

Piśmiennictwo/References: 15

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr n med. Wojciech Kącki

*Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum, Wydział Lekarski, Klinika Ortopedii i Rehabilitacji
34-500 Zakopane, Balzera 15, Polska, tel./fax: (18) 202 21 33, e-mail: sekretariat@klinika.net.pl*

Otrzymano / Received

21.05.2014 r.

Zaakceptowano / Accepted

09.07.2014 r.