



Bogustaw Sadlik, Adrian Błasiak

Klinika św. Łukasza BGL sp. k.  
Szpital Świętego Łukasza  
Oddział Ortopedii i Traumatologii  
Bielsko-Biała

Address for correspondence/  
Adres do korespondencji:  
Klinika św. Łukasza BGL sp. k.  
Szpital Świętego Łukasza  
Oddział Ortopedii i Traumatologii  
ul. Bystrzańska 94B  
43-309 Bielsko-Biała  
www.lukasza.pl, e-mail: bs@lukasza.pl

Received: 17.02.2013  
Accepted: 23.02.2013  
Published: 26.03.2013

#### STATISTIC STATYSTYKA

Word count Liczba słów	2444/1924
Tables Tabele	0
Figures Ryciny	9
References Piśmiennictwo	19

# Biological reconstruction of osteochondral defects in the talar dome: early results

## Biologiczna rekonstrukcja ubytku chrzęstno-kostnego bloczka k. skokowej: wczesne wyniki

Review article/Artykuł poglądowy

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES 1 (31) 2013

### Summary

The paper presents the early results of cartilage defect repair of the talar dome performed in 4 patients who were treated, using Biological reconstruction technique. The Follow-up was completed between 18 and 24 months.

The treatment consists in restoring the individual layers of the defect, using biological materials, which is being rebuilt, and integrates with the surrounding tissue. Bone defect was restored by allogeneic bone chips impregnated with autologous bone marrow concentrate and fibrin glue.

The layer of cartilage was reconstructed using xenogeneic collagen matrix that prior to implantation was soaked with bone marrow concentrate as well. The matrix was stabilized with fibrin glue. The work is a preliminary report, including the observation of four patients (3M, and 1F) who underwent the repair of the talar dome defect with the above-described own technique. two of four patients underwent diagnostic arthroscopy during the removal of the medial malleolus fixation hardware within 1 year after surgery. In a recent clinical study, significant improvement was achieved in the evaluation by VAS (from 5.7 to 1.4) and AOFAS (from 45 to 87).

**Key words:** osteochondral defect, ankle joint, talus; cartilage, „sandwich” technique; tissue engineering; collagen matrix; MSCs, biological reconstruction

### Summary

Praca przedstawia wczesne wyniki naprawy ubytku chrzęstno-kostnego bloczka kości skokowej u 4 pacjentów w okresie obserwacji 18 do 24 miesięcy, którzy byli leczeni techniką rekonstrukcji biologicznej.

Zabieg polega na odtworzeniu poszczególnych warstw ubytku materiałem biologicznym, który ulega przebudowie i integruje się z otaczającymi tkanką. Ubytek kostny wypełniony został przez wióry kości allogenicznej, nasączone koncentratem autogenego szpiku kostnego z dodatkiem kleju fibrynowego.

Warstwa chrząstki odbudowana została matrycą kolagenową pochodzenia ksenogenego, którą przed implantacją nasącza się koncentratem szpiku kostnego. Matrycę ustabilizowano również z pomocą kleju fibrynowego. Praca ma charakter doniesienia wstępnego, obejmując obserwacją czterech pacjentów (3M i 1K), u których wykonano naprawę ubytku bloczka k. skokowej wyżej opisaną i techniką własną. U dwóch pacjentów wykonano artroskopię diagnostyczną w trakcie usuwania zespolenia kostki przyśrodkowej w rok po zabiegu. W ostatnim badaniu klinicznym, uzyskano znamienne poprawę w ocenie wg skali VAS (z 5,7 do 1,4) oraz AOFAS (z 45 do 87).

**Słowa kluczowe:** uszkodzenie chrzęstno-kostne, staw skokowo-goleniowy, kość skokowa, chrząstka stawowa, technika „sandwich”, inżynieria tkankowa, matryca kolagenowa, komórki macierzyste, rekonstrukcja biologiczna

Presented at XXXIX Scientific Meeting of Polish Orthopaedic and Traumatologic Society (PTOiT) in Rzeszów 2012

Praca przedstawiana podczas XXXIX Zjazdu Naukowego PTOiT w Rzeszowie w 2012 r.

## INTRODUCTION

The ankle joint is the most heavily loaded human joint. Given its high congruence and a relatively small size of the trochlea tali, a conclusion may be drawn that even a small defect of the articular surface will result in an overload of the remaining healthy surface, predisposing for premature joint degeneration.

Chondro-osseous defects of the trochlea tali may develop on the basis of idiopathic chondro-osseous necrosis (osteochondritis dissecans), subchondral cysts, posttraumatic focal necrosis, a single injury or a sum of microinjuries [1, 6]. A chondral or chondro-osseous defect of the trochlea tali usually remains asymptomatic for a longer period. The ankle joint, due to its high congruence, carries the load on a relatively large area, provided that its mechanical axis is decentered and the joint does not undergo subluxation as a consequence of its chronic instability. A pathology of the articular cartilage may develop in an asymptomatic way for quite a long time. The symptoms manifest themselves only when the subchondral surface becomes exposed or damaged. That is why patients do not experience any complaints for a longer period unless the chondro-osseous damage results from an injury [1, 16].

Posttraumatic focal chondro-osseous defects usually occur in the course of ankle joint sprains as a result of the anterior tibial edge hitting the trochlea tali. In the case of chronic anterior instability, the cartilage is damaged as a result of the sum of microinjuries from trochlea tali subluxation over the tibial edge. Injuries of the tibial joint surface are extremely rare and are usually a consequence of pilon fractures [1].

The treatment of chondro-osseous damage and chondral defects of the trochlea tali in traumatic injuries involves arthroscopic removal of small chondral and osseous fragments. In the case of traumatic breaking off of a larger chondro-osseous fragment, arthrotomy should be performed, followed by a reimplantation of the loose fragment of the articular surface [17, 18].

A small chondral defect of the trochlea tali can be successfully treated with arthroscopic techniques of bone marrow stimulation (BMST) [13, 15]. More extensive defects of the articular cartilage require regenerative methods with the use of a matrix containing a culture of autologous chondrocytes (ACI) or with bone marrow cells (MSCs) [3, 4, 5, 13].

A chondro-osseous defect of the trochlea tali poses a more serious therapeutic problem as it requires a reconstruction of both an osseous and a chondral defect [12]. According to many authors, the treatment of large chondro-osseous defects with osteochondral autograft transplantation (OATS) yields very good results [9], but numerous critics of the method point to the necessity to injure a healthy knee joint in order to collect a chondro-osseous graft, and to the impossibility of obtaining the correct curvature of the articular surface of the trochlea tali [12]. The chief disadvantage of the OATS technique is

## WSTĘP

Staw skokowo-goleniowy jest najbardziej obciążonym stawem człowieka. Zważywszy na jego wysoką kongruencję i stosunkowo niedużą wielkość bloczka kości skokowej, można wysnuć wniosek, że nawet niewielki ubytek powierzchni stawowej będzie skutkował przeciążeniem pozostałej, zdrowej powierzchni, co predysponuje do przedwczesnego zwyrodnienia stawu.

Uszkodzenia chrzęstno-kostne bloczka kości skokowej mogą rozwijać się na podłożu samoistnej martwicy chrzęstno-kostnej (*Osteochondritis dissecans*), torbieli podchrzęstnej, pourazowej ogniskowej martwicy, czy urazu jednorazowego lub sumujących się mikrourazów [1, 6]. Zazwyczaj ubytek chrzęstny lub chrzęstno-kostny bloczka skokowego pozostaje asymptotyczny przez dłuższy czas. Staw skokowo-goleniowy, przez swoją dużą kongruencję, przenosi obciążenie na stosunkowo dużej powierzchni pod warunkiem, że jego oś mechaniczna jest zcentralizowana i nie dochodzi do podwichania stawu na tle przewlekłej niestabilności. Patologia chrząstki stawowej przez dłuższy czas może rozwijać się w sposób bezobjawowy. Symptomy dają znać o sobie dopiero wówczas, gdy zostanie odsłonięta lub uszkodzona powierzchnia podchrzęstnej. Dlatego, pacjent przez dłuższy czas nie odczuwa żadnych dolegliwości, chyba że uszkodzenie chrzęstno-kostne jest wynikiem urazu [1, 16].

Urazowe, ogniskowe uszkodzenia chrzęstno-kostne najczęściej powstają w trakcie skręcenia stawu skokowo-goleniowego w wyniku uderzenia przedniej krawędzi piszczeli o bloczek kości skokowej. W przypadku przewlekłej niestabilności przedniej, uszkodzenie chrząstki powstaje w wyniku sumujących się mikrourazów w trakcie podwichania bloczka k. skokowej pod krawędzią piszczeli. Niezwykle rzadko dochodzi do uszkodzeń powierzchni piszczelowej stawu, które najczęściej są pozostałością złamań typu „Pilon” [1].

Leczenie uszkodzeń chrzęstno-kostnych i ubytków chrzęstnych bloczka w przypadku jego urazowego uszkodzenia polega na artroskopowym usunięciu niewielkich fragmentów chrzęstnych i kostnych. W przypadku urazowego wyłamania większego fragmentu chrzęstno-kostnego należy wykonać artrotomię i reimplantację wolnego fragmentu powierzchni stawowej [17, 18].

Niewielki ubytek chrzęstny bloczka skokowego, z dużym powodzeniem, leczony jest artroskopowo technikami stymulującymi szpik kostny (*bone marrow stimulation technique* – BMST) [13, 15]. Rozleglejsze ubytki chrząstki stawowej wymagają zastosowania metod regeneracyjnych z użyciem matrycy zawierającej hodowlę autologennych chondrocytów (ACI) lub z komórkami szpiku kostnego (MSCs) [3, 4, 5, 13].

Ubytek chrzęstno-kostny bloczka kości skokowej stanowi trudniejszy problem leczniczy, gdyż wymaga odtworzenia ubytku zarówno kostnego, jak i chrzęstnego [12]. Zdaniem wielu autorów, leczenie dużych ubytków chrzęstno-kostnych z wykorzystaniem transpozycji chrzęstno-kostnej (OATS) przynosi bardzo dobre wyniki [9], jest jednak wielu krytyków tej metody, którzy pod-

the lack of full integration of the grafted trochlea tali with the surrounding osseous and chondral tissue [16]. Murawski suggests that the technique should be supported by the biological effect of bone marrow concentrate, which should foster the graft integration with its bed [12]. Another method is filling the defect with autogenous chondro-osseous pulp, which unfortunately does not allow a separate regeneration of the individual layers of the defect [10].

### QUALIFICATION FOR SURGICAL TREATMENT

The patients qualified for surgical treatment were 3 men and 1 woman with symptomatic trochlea tali damage in the form of a chondro-osseous defect of an area over 100 mm<sup>2</sup>, confirmed by computed tomography or magnetic resonance imaging. The aim of the imaging was also to determine the depth and location of the defect. A defect located on the posteromedial surface of the trochlea tali requires an approach via medial ankle arthrotomy, which proved to be necessary in all the patients qualified for the surgery. The surgical procedures were conducted between January and July 2011. The average patient age was 25.3 (ranging from 20 to 28). The average area of the defect was 130.5 mm<sup>2</sup> (ranging from 117 to 143 mm<sup>2</sup>). In all the cases, the joint undergoing the surgery displayed correct stability and a normal mechanical axis. In 3 patients the defect of the trochlea tali resulted from a past torsional injury, in 1 case its probable cause was osteochondrosis dissecans.

### OPERATING TECHNIQUE

Before the surgery, 30 ml of bone marrow was collected from the iliac ala with a MarrowStim (BIOMET) set. After centrifugation and separation, ca. 4 ml of bone marrow concentrate was obtained.

The operating technique involved medial ankle osteotomy so that a perpendicular view was obtained into the defect on the medial edge of the trochlea tali. In the first stage, the chondro-osseous defect was prepared by removing the necrotic tissue filling its lumen and the calcified subchondral layer at its bottom. The edges of the defect were shaped to form a vertical wall of healthy cartilage surrounding the defect crater [Fig.1]. This is an important part of the operating technique as it ensures graft stability. In the next stage, the defect bottom was abraded with a burr shaver until surface bleeding appeared, being an evidence of subchondral vessel opening. Then, 3 slow-rotation drills with a  $\phi$  1.6 Kirschner wire were made to the depth of ca. 10 mm [Fig.2 and 7].

noszą problem konieczności naruszenia zdrowego stawu kolanowego dla pobrania przeszczepu chrzęstno-kostnego oraz brak możliwości uzyskania prawidłowej krzywizny powierzchni stawowej bloczka skokowego [12]. Najistotniejszą wadą techniki OATS, to brak pełnej integracji przeszczepionego bloczka z otaczającą tkanką kostną i chrzęstną [16]. Murawski proponuje powyższą technikę wzmocnić działaniem biologicznym koncentratu szpiku kostnego, co powinno wspomóc integrację przeszczepu z podłożem [12]. Znana jest również metoda wypełnienia ubytku autogenną miazgą chrzęstno-kostną, która niestety nie pozwala na rozdzielną regenerację poszczególnych warstw ubytku [10].

### KWALIFIKACJA DO LECZENIA OPERACYJNEGO

Do leczenia operacyjnego zakwalifikowano 3 mężczyzn i 1 kobietę z symptomatycznymi uszkodzeniami bloczka kości skokowej, o charakterze ubytku chrzęstno-kostnego przekraczającego powierzchnię 100mm<sup>2</sup>, które potwierdziło badanie obrazowe tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego. W badaniu obrazowym istotne było ponadto określenie głębokości oraz lokalizacji ubytku. Lokalizacja na powierzchni tylny-przyśrodkowej bloczka skokowego wymaga dościa przez artrotomię kostki przyśrodkowej co było konieczne u wszystkich zakwalifikowanych pacjentów. Zabiegi operacyjne przeprowadzono w okresie od stycznia do lipca 2011. Średnia wieku operowanych pacjentów wynosiła 25,3 lat (zakres od 20 do 28 lat). Średnia wielkość powierzchni ubytku wynosiła 130,5mm<sup>2</sup> (zakres od 117 do 143 mm<sup>2</sup>). We wszystkich przypadkach stwierdzono prawidłową stabilność oraz oś mechaniczną operowanego stawu. Defekt bloczka kości skokowej u trzech pacjentów był wynikiem przebytego urazu skrętnego w przeszłości, a w jednym przypadku prawdopodobną przyczyną była oddzielająca martwica chrzęstno-kostna.

### TECHNIKA OPERACYJNA

Przed rozpoczęciem zabiegu operacyjnego pobrano 30ml szpiku kostnego z talerza biodrowego, z pomocą zestawu MarrowStim (BIOMET). Po odwirowaniu i separacji uzyskano ok. 4ml koncentratu szpiku kostnego.

Technika zabiegu operacyjnego polega na wykonaniu osteotomii kostki przyśrodkowej, tak aby uzyskać prostopadły wgląd do ubytku na przyśrodkowej krawędzi bloczka kości skokowej. W pierwszym etapie opracowano ubytek chrzęstno-kostny, usuwając martwiczą tkankę wypełniającą jego światło oraz zwapniałą warstwę podchrzęstnej w jego dnie. Brzegi ubytku opracowano tak aby tworzyły pionową ścianę, zdrowej chrząstki otaczającej krater ubytku [Ryc.1]. Jest to istotny element techniki operacyjnej, który ma zapewnić stabilność przeszczepu. W kolejnym etapie wykonano abrazję dna ubytku shaverem z końcówką typu „burr” tak aby pojawiło się powierzchowne krwawienie świadczące o otwarciu naczyń w podchrzęstnej. Następnie wykonano 3 wolnoobrotowe nawiercenia prętem Kirschnera o  $\phi$  1,6. na głębokość ok. 10mm [Ryc. 2 i 7]

To fill the osseous part of the defect, allogeneic bone chips were mixed with 1 ml of bone marrow concentrate [Fig.3]. The first portion was mixed with a drop of Tissucol (Baxter) tissue glue immediately before the application, it was placed at the bottom of the defect and compacted [Fig.4]. 2-3 minutes later, after the preliminary binding of the first portion of the implanted osseous pulp, another portion, prepared in an identical manner, was applied.

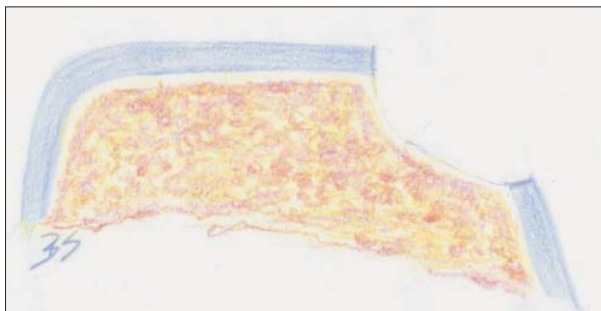
The next portion of the osseous pulp with MSCs should restore the shape of the edge curvature of the medial trochlea tali. The procedure resembles a dental filling which has to be perfectly matched to the shape of the tooth, but without the possibility of subsequent grinding. The fibrin glue added to the osseous pulp should ensure that the convex shape of the filling is preserved. The shape of the filling has to be perfected in the course of its forming and binding of the glue. The filling in its final shape is covered with a thin layer of fibrin glue [Fig.5]. To obtain a satisfactory effect, arthroscopic imaging was applied, proving very helpful in that it offered an enlarged image and a better view of the small operating field.

Before the implantation of the collagen membrane, the defect was measured and an appropriate shape was cut out. In the operating procedure presented here, Chondro-Gide (Geistlich) bovine collagen matrix was used, having

Do wypełnienia części kostnej ubytku przygotowano allogenne wióry kostne zmieszane z 1ml koncentratu szpiku kostnego [Ryc.3]. Pierwszą porcję wymieszano z kroplą kleju tkankowego Tissucol (Baxter) tuż przed podaniem, a następnie ułożono i ubito w dnie ubytku [Ryc.4]. Po odczekaniu 2-3 min., po wstępnym związaniu pierwszej porcji implantowanej miazgi kostnej, nałożono kolejną porcję, przygotowaną w analogiczny sposób.

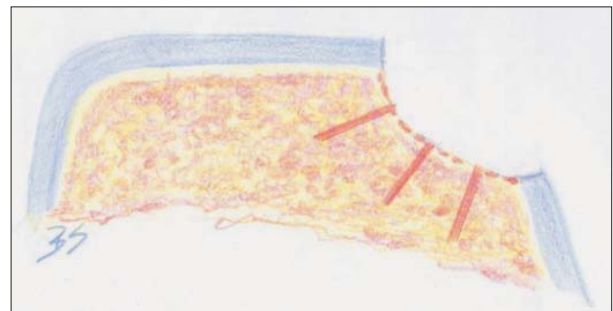
Kolejna porcja miazgi kostnej z MSCs powinna odtworzyć kształt krzywizny brzegu przyśrodkowego bloczka skokowego. Procedura ta przypomina tworzenie wypełnienia stomatologicznego, które musi być idealnie dopasowane do kształtu zęba, jednak bez możliwości późniejszego szlifowania. Klej fibrynowy, podany do miazgi kostnej, ma zapewnić utrzymanie wypukłej formy wypełnienia. Kształt plombi musi być idealnie opracowany w trakcie formowania i wiązania kleju. Uformowaną plombę pokrywa się cienką warstwą kleju fibrynowego. [Ryc. 5]. Aby uzyskać pożądany efekt zastosowano obrazowanie artroskopowe, które jest bardzo pomocne, dając powiększony obraz i lepszy wgląd w niewielkie pole operacyjne.

Przed implantacją membrany kolagenowej wykonano pomiar ubytku i wycięto odpowiedni kształt. W opisanym procedurze operacyjnej zastosowano wieprzową matrycę kolagenową Chondro-Gide (Geistlich), którą przed



**Fig. 1.** A frontal cross-section of the right trochlea tali with a prepared chondro-osseous defect in the medial part

**Ryc. 1.** Przekrój czołowy przez bloczek prawej kości skokowej z opracowanym ubytkiem chrzęstno-kostnym w części przyśrodkowej



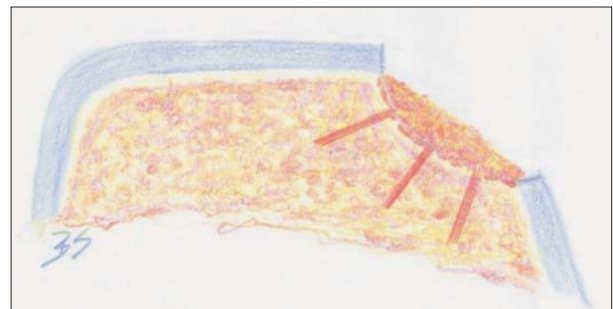
**Fig. 2.** A frontal cross-section of the right trochlea tali after an abrasion and drilling of the defect bottom

**Ryc. 2.** Przekrój czołowy przez bloczek prawej kości skokowej po abrazji i nawierceniu dna ubytku



**Fig. 3.** Allogeneic bone chips with bone marrow concentrate before implantation

**Ryc. 3.** Allogeniczne wióry kostne z koncentratem szpiku kostnego przed implantacją



**Fig. 4.** A frontal cross-section of the right trochlea tali after an implantation of the first portion of the osseous pulp with bone marrow concentrate

**Ryc. 4.** Przekrój czołowy przez bloczek prawej kości skokowej po implantacji pierwszej porcji miazgi kostnej z koncentratem szpiku kostnego



been soaked for 10 minutes before the implantation in bone marrow concentrate. In the final stage of the procedure, a matching fragment of the Chondro-Gide membrane was placed on the osseous filling and its edges were sealed with Tissucol glue [Fig.6 and 8]. After checking of the biological graft stability, the joint was rinsed while the membrane was protected with a gauze pad. The medial ankle was united with 2 screws. After the integuments had been sutured, the remaining amount of bone marrow concentrate was applied into the joint. A suction drain remained closed for a half an hour so that the stem cells could colonize the membrane to a sufficient degree.

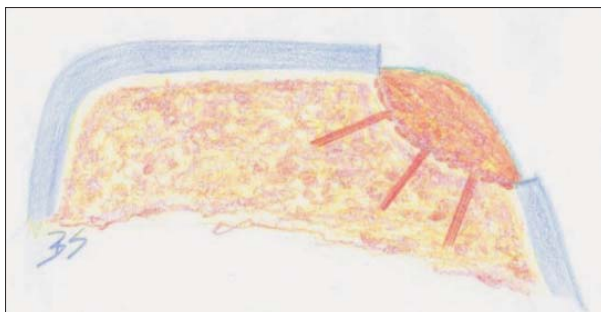
### POSTOPERATIVE MANAGEMENT AND REHABILITATION

In the early postoperative period the ankle joint is protected with a plaster splint or a suitable orthosis until the union of the medial ankle has healed, which usually lasts until week 8. Starting in the first week, passive move-

implantacją nasączano koncentratem szpiku kostnego przez 10 min. W końcowej fazie zabiegu dopasowany fragment membrany Chondro-Gide położono na plombie kostnej oraz uszczelniono jej obrzeża klejem Tissucol [Ryc. 6 i 8]. Po sprawdzeniu stabilności przeszczepu biologicznego, przepłukano staw zabezpieczając membranę gazikiem. Kostkę przyśrodkową zespolono 2 śrubami. Po zaszyciu powłok podano dostawowo pozostałą objętość koncentratu szpiku kostnego. Dren ssący pozostawiono zamkniętym przez pół godziny aby komórki macierzyste mogły wystarczająco skolonizować membranę.

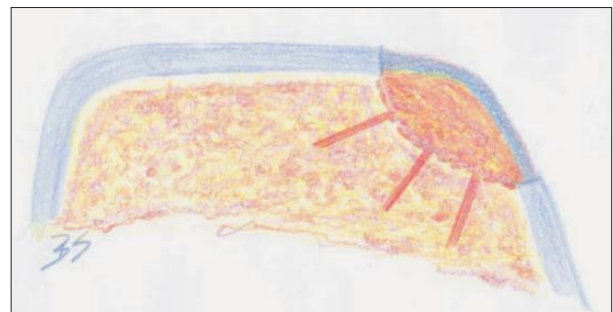
### POSTĘPOWANIE POOPERACYJNE I REHABILITACYJNE

We wczesnym okresie pooperacyjnym staw skokowy pozostaje zabezpieczony szyną gipsową lub odpowiednią ortezą, aż do wygojenia się zespolenia kostki przyśrodkowej, co zwykle trwa do 8 tygodnia. Od pierwszego tygodnia wdraża się ruchy bierne z niewielkim rozciąga-



**Fig. 5.** A frontal cross-section of the right trochlea tali after a filling has been formed from the osseous pulp

**Ryc. 5.** Przekrój czołowy przez błoczek prawej kości skokowej po uformowaniu plomby z miazgi kostnej



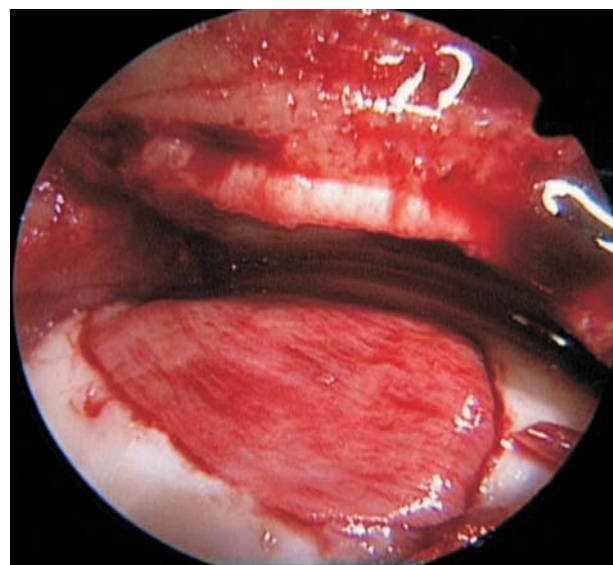
**Fig. 6.** A frontal cross-section of the right trochlea tali with the filling covered with a collagen membrane

**Ryc. 6.** Przekrój czołowy przez błoczek prawej kości skokowej z plombą pokrytą membraną kolagenową



**Fig. 7.** An arthroscopic image of the chondro-osseous defect of the trochlea tali after its preliminary preparation

**Ryc. 7.** Obraz artroskopowy ubytku chrzęstno-kostnego błoczka kości skokowej po wstępnym opracowaniu



**Fig. 8.** An arthroscopic image of a biological reconstruction of the chondro-osseous defect of the trochlea tali

**Ryc. 8.** Obraz artroskopowy rekonstrukcji biologicznej ubytku chrzęstno-kostnego błoczka kości skokowej

ments with slight joint stretching are introduced 2-3 times daily. Gradual loading of the joint is introduced in week 5 after the surgery, while full loading and walking without crutches is achieved in the third month after the operation. The period may be longer, depending on the extent and location of the defect. The graft undergoes restructuring over several months, therefore special caution is recommended and heavy physical work or sports practice is forbidden for a year after the surgery.

## RESULTS

All the patients who had undergone the surgery regained their full mobility within a year after the operation. In 3 patients, there remained a minor mobility restriction in dorsiflexion. Two patients reported slight morning stiffness. In two patients diagnostic arthroscopy was performed during the removal of the medial ankle connection a year after the surgery. In both cases macroscopic examination revealed full regeneration of the defect and a union of the new cartilage with the edges of the old tissue. The newly created cartilage was elastic but slightly less resistant than the surrounding hyaline cartilage when palpated with an arthroscopic probe [Fig.8]. No specimens were collected for histologic examination so as not to damage the regenerated tissue. The last clinical examination in the observation period revealed a significant improvement according to the VAS and AOFAS scales. The average VAS score improved from 5.7 to 1.4. The average AOFAS score was 45 before the surgical treatment and improved to 87 after the surgery. No complications were detected. The medial ankle osteotomy healed in all the patients.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

A biological reconstruction of a chondro-osseous defect is achieved by a restoration of individual layers of the defect with biological material which undergoes restructuring and integrates with the surrounding tissue. The reconstruction recreates the original shape of the trochlea tali in a particularly troublesome location - at its medial edge, where posttraumatic injuries occur most frequen-

nem stawu, 2 do 3 razy dziennie. Stopniowe obciążanie stawu wprowadza się od 5 tygodnia po zabiegu operacyjnym, dochodząc do pełnego obciążania i chodzenia bez kul w 3 miesiącu. Okres ten może ulec wydłużeniu w zależności od rozległości i lokalizacji ubytku. Przeszczep ulega wielomiesięcznej przebudowie, dlatego zaleca się szczególną ostrożność oraz zakaz wykonywania ciężkich prac fizycznych i uprawiania sportu do roku po zabiegu.

## WYNIKI

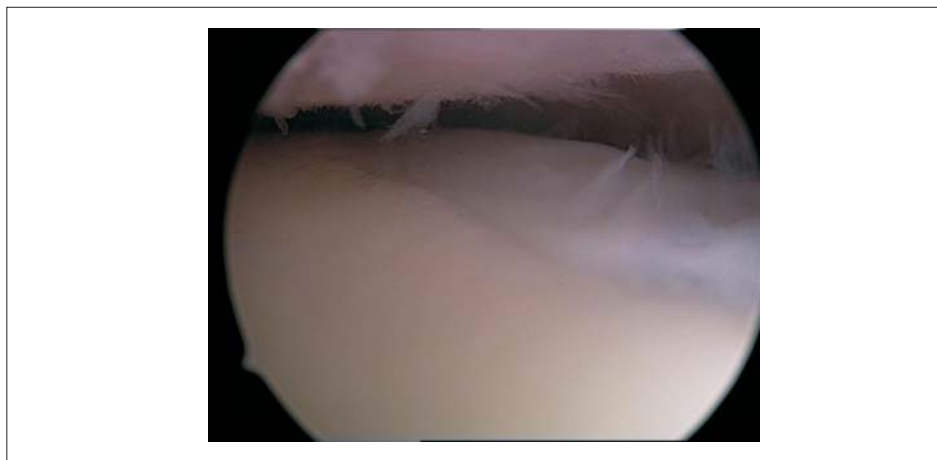
Wszyscy operowani pacjenci doszli do pełnej sprawności ruchowej w rok po zabiegu. U 3 pacjentów pozostał niewielkie ograniczenie ruchomości w zakresie zgięcia grzbietowego. Dwoch pacjentów zgłasza niewielką sztywność poranną. U dwóch pacjentów wykonano artroskopię diagnostyczną w trakcie usuwania zespolenia kostki przyśrodkowej w rok po zabiegu. W obu przypadkach stwierdzono makroskopowo pełną regenerację ubytku z połączeniem nowej tkanki chrzęstnej z brzegami starej. Nowo powstała tkanka chrzęstna była sprężysta, jednak nieco mniejszym oporze od otaczającej chrząstki szklistej w badaniu palpacyjnym sondą artroskopową [Ryc.8]. Aby nie uszkadzać regeneratu, nie pobierano próbki do badania histologicznego. W ostatnim badaniu klinicznym okresu obserwacji, uzyskano znamienne poprawę w ocenie wg skali VAS oraz AOFAS. Średnia ocena wg skali VAS uległa poprawie z 5,7 do 1,4. Średnia ocena wg skali AOFAS wynosiła 45 przed leczeniem operacyjnym i uległa poprawie do 87 po leczeniu. Nie obserwowano żadnych powikłań. Osteotomia kostki przyśrodkowej uległa wygojeniu u wszystkich pacjentów.

## DYSKUSJA I WNIOSKI

Biologiczna rekonstrukcja ubytku chrzęstno-kostnego polega na odtworzeniu poszczególnych warstw ubytku materiałem biologicznym, który ulega przebudowie i integruje się z otaczającymi tkanką. Rekonstrukcja w sposób rzeczywisty odtwarza kształt bloczka skokowego w szczególnie trudnym miejscu - na jego przyśrodkowej krawędzi, gdzie lokalizacja pourazowych uszko-

**Fig. 9.** An arthroscopic image of the regenerated tissue of the trochlea tali chondro-osseous defect a year after the procedure of biological reconstruction

**Ryc. 9.** Obraz artroskopowy regeneratu ubytku chrzęstno-kostnego bloczka kości skokowej w rok po zabiegu rekonstrukcji biologicznej



tly [14]. In small chondro-osseous damages of the trochlea tali, the commonly applied method is the bone marrow stimulating technique (BMST), which - according to Zengerink and the majority of other authors - yields very good outcomes, reaching 85% of good and very good results in a two-year observation period. The author also argues that more complicated operating techniques, such as osteochondral autograft transfer system (OATS) or autologous chondrocyte implantation (ACI), did not display their superiority in a subjective evaluation [10]. A different opinion was expressed by Ferkel, who had discovered that the initially promising results deteriorated in 35% of patients within a five-year observation period [6]. Becher pointed to the lack of integration of the tissue regenerated after BMST in 64% of patients, as revealed in magnetic resonance imaging five years after the surgery [2]. Robinson emphasizes the correlation between the lowered clinical results and the primary cystoid lesions in the subchondral layer in 53% of patients after BMST [14]. So far, the most frequent method of treating larger chondro-osseous defects of the trochlea tali has been osteochondral autograft transplantation (OAT) with grafts being collected from the knee joint [8, 9, 16]. This technique is not free from disadvantages, either, due to the complaints related to the knee joint after the graft collection as well as to the incomplete integration of the osteochondral graft with the osseous and cartilaginous tissue of the trochlea tali. Also, there have been reports of bone cysts developing in the vicinity of the autograft [8, 12, 16]. At present, the most lasting results in the reconstruction of cartilage defects are obtained with autologous chondrocyte implantation (ACI), which is also the most expensive of the methods. Moreover, it is a two-stage procedure that can be used only for the regeneration of cartilage damage with shallow defects of the subchondral layer [11]. The autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC), developed by Behrens and successfully applied in the treatment of knee joint defects since 1999, is a procedure similar to ACI but without chondrocyte culturing. The function of the collagen matrix used by Behrens is to retain and spatially position the stem cells flowing in with bone marrow from microdrills in the bottom of the defect. The retained multipotential cells will differentiate into a chondroblast or osteoblast line [3]. Deeper defects, as in the present material, require a reconstruction of the osseous base that would be mechanically resistant to initial loads necessary for correct graft restructuring [10]. In our opinion, a perfect reconstruction of a chondro-osseous defect of the trochlea tali requires separate reconstructions of the osseous and cartilaginous layers. The defect filling should match the shape of the trochlea tali curvatures in the same way as it is done in dental fillings. The osseous filling should be formed and compacted so that it could carry the initial joint loads without sinking below the subchondral level. The chondral layer should be regenerated on the basis of a spatial matrix that would ensure adequate thickness of the regenerated cartilage in

dzeń jest najczęstsza [14]. W niewielkich uszkodzeniach chrzęstno-kostnych bloczka skokowego powszechnie stosuje się technikę stymulacji szpiku kostnego (BMST), która wg Zengerinka przynosi bardzo dobre rezultaty zdaniem większości autorów, sięgając 85 % wyników dobrych i bardzo-dobrych w dwuletniej obserwacji. Ponadto autor dowodzi, że bardziej skomplikowane techniki operacyjne takie jak transpozycja chrzęsto-kostna (OATS) czy przeszczep hodowli autologicznych chondrocytów (ACI) wcale nie wykazują przewagi w ocenie subiektywnej [19]. Innego zdania jest Ferkel, który w pięcioletniej obserwacji stwierdza pogorszenie początkowo zachęcających wyników u 35% pacjentów [6]. Z kolei Becher wskazuje na brak integracji wytworzonego regeneratu po BMST aż u 64% pacjentów w badaniu MRI, w pięć lat po zabiegu [2]. Robinson wskazuje na korelację pogarszającej się oceny klinicznej z pierwotnymi zmianami torbielowatymi w obrębie podchrzęstnej u 53% pacjentów, u których wykonano BMST [14]. Najczęściej stosowaną do tej pory metodą leczenia większych ubytków chrzęstno-kostnych bloczka skokowego jest OAT z pobraniem przeszczepu ze stawu kolanowego [8, 9, 16]. Powyższa technika również nie jest wolna od wad z powodu zgłaszanych dolegliwości ze strony stawu kolanowego, po pobraniu przeszczepu, a także z uwagi na niekompletną integrację przeszczepu chrzęstno-kostnego z tkanką kostną i chrzęstną bloczka skokowego. Ponadto, obserwowano przypadki powstawania torbieli kostnych w sąsiedztwie autoimplantu [8, 12, 16]. Jak do tej pory najtrwalsze rezultaty w odbudowie uszkodzeń chrzęstnych daje technika ACI, która jest najdroższą ze stosowanych procedur. Jest to ponadto procedura dwuetapowa i nadaje się jedynie do regeneracji uszkodzeń warstwy chrzęstnej z płytkimi uszkodzeniami podchrzęstnej [11]. Technika regeneracji ubytków chrzęstnych AMIC (*Autologous Matrix Induced Chondrogenesis*), opracowana przez Behrensa i stosowana z powodzeniem w leczeniu ubytków stawu kolanowego od 1999 roku, jest procedurą podobną do ACI bez wykonywania hodowli chondrocytów. Matryca kolagenowa zastosowana przez Behrensa, ma za zadanie zatrzymanie i przestrzenne ułożenie komórek macierzystych wypływających wraz ze szpikiem kostnym z mikronawierceń dna ubytku. Osadzone komórki multipotencjalne będą ulegać różnicowaniu w linię chondroblasyczną lub osteoblastyczną [3]. Głębsze ubytki, jak w przedstawionym materiale, wymagają odtworzenia podłoża kostnego, które będzie mechanicznie odporne na wstępne obciążenia, konieczne do prawidłowej przebudowy przeszczepu [10]. Naszym zdaniem idealne odtworzenie ubytku chrzęstno-kostnego bloczka kości skokowej, wymaga odrębnego odtworzenia warstwy kostnej oraz warstwy chrzęstnej. Wypełnienie ubytku powinno być dopasowane do kształtu krzywizn bloczka skokowego w taki sam sposób, jak formuje się wypełnienie ubytku zęba w stomatologii. Wypełnienie kostne powinno być uformowane i odpowiednio zagęszczone, tak aby móc przenosić wstępne obciążenia stawu bez zapadania się poniżej poziomu podchrzęstnej. Wastwa



an analogous way as in the AMIC procedure. Some authors consider it necessary to support the process of chondro-osseous graft restructuring with biological factors, such as autogenic bone marrow cells (BMCs) or platelet-rich plasma (PRP) [7, 12]. We believe that the supporting procedures may prove to be helpful in improving the conditions for restructuring, even though there is no conclusive evidence on the purposefulness of their application. Since we have not found any literature reports on negative effects of the MSCs use, we add bone marrow concentrate to both components of the implanted graft in the biological reconstruction technique. Recently, there have been increased efforts to develop an artificial chondro-osseous graft which would cause quick and simultaneous regeneration of an osseous and cartilaginous defect. Numerous products are introduced in the market after successful clinical trials but the observation periods are still too short to recommend any of them [4, 5, 7]. Our technique of biological reconstruction of chondro-osseous defects of the trochlea tali, based on approved biological materials used for many years in orthopaedic surgery, such as allogeneic bone grafts, autologous bone marrow concentrate, fibrin glue or Chondro-Gide collagen matrix, allows to obtain full congruence of the ankle joint and, what is important, is performed as a single-stage procedure. A significant disadvantage of the technique is the necessity to perform medial ankle osteotomy, which may result in iatrogenic damage of the tibial surface cartilage that was observed by Lee in 9 of 31 procedures he performed [11]. No technique for treating large chondro-osseous defects without providing a direct approach has been developed up till now. In the early period of observation, the clinical assessment of the patients who underwent the procedure has been very promising. Our results are not worse than those in other procedures applied so far in the treatment of trochlea tali damage [12, 16, 19]. The results have been verified objectively on the basis of two arthroscopic examinations performed during the removal of the medial ankle connection. Magnetic resonance imaging is planned for all the patients 2 years after the operation. If the graft restructuring will prove to be permanent in arthroscopic observation a year after the surgery, we can expect good distant results, which will be verified in the coming years.

chrzęstna powinna być regenerowana na bazie przestrzennej matrycy, która zapewni odpowiednią grubość regeneratu chrzęstnego analogicznie do procedury AMIC. Niektórzy autorzy widzą konieczność wzmocnienia procesów przebudowy przeszczepów chrzęstno-kostnych z pomocą czynników biologicznych takich jak autogeny koncentrat szpiku kostnego (BMCs) lub osocze bogatopłytkowe (PRP) [7, 12]. Naszym zdaniem, pomimo braku bezsprzecznych dowodów na zasadność stosowania powyższych procedur wspomagających, mogą one być pomocne do polepszenia warunków przebudowy. Wobec faktu, iż nie znaleźliśmy w literaturze doniesień o negatywnych skutkach stosowania MSCs, koncentrat szpiku kostnego jest dodawany do obu komponentów implantowanego przeszczepu w technice biologicznej rekonstrukcji. Ostatnio można zaobserwować wzmożone poszukiwania sztucznego przeszczepu chrzęstno-kostnego, który w szybkim czasie spowoduje jednoczesną regenerację ubytku kostnego i chrzęstnego. Wiele produktów, po udanych próbach klinicznych, jest obecnie wprowadzanych na rynek, jednak obserwacje są nadal zbyt krótkie aby można mówić o rekomendacji, któregoś z nich [4, 5, 7]. Nasza technika biologicznej rekonstrukcji ubytku chrzęstno-kostnego bloczka kości skokowej, oparta na sprawdzonych materiałach biologicznych stosowanych od wielu lat w chirurgii ortopedycznej, takich jak allogenny przeszczep kostny, autologiczny koncentrat szpiku kostnego, klej fibrynowy czy matryca kolagenowa Chondro-Gide, pozwala na uzyskanie pełnej konkructności stawu skokowego i co ważne, wykonywana jest jednoetapowo. Istotną wadą powyższej techniki operacyjnej jest konieczność wykonywania osteotomii kostki przyśrodkowej, która może skutkować jatrogennym uszkodzeniem chrząstki powierzchni piszczelowej, co zaobserwował Lee u 9 spośród 31 wykonywanych przez siebie procedur [11]. Do tej pory nie opracowano techniki leczenia dużych ubytków chrzęstno-kostnych bez wykonywania dojścia bezpośredniego. Ocena kliniczna operowanych pacjentów, we wczesnym okresie obserwacji, jest bardzo zachęcająca. Nasze wyniki nie są gorsze od wyników dotychczas stosowanych procedur w leczeniu uszkodzeń bloczka skokowego [12, 16, 19]. Obiektywną weryfikację wyników przeprowadzono do tej pory na podstawie dwóch badań artroskopowych, wykonanych w trakcie usuwania zespolenia kostki przyśrodkowej. Badanie MRI planowane jest u wszystkich pacjentów, po 2 latach od zabiegu. Jeżeli obserwowana artroskopowo przebudowa przeszczepu w rok od zabiegu będzie trwała, możemy spodziewać się dobrych wyników późnych, które zostaną zweryfikowane w najbliższych latach.



## References/Piśmiennictwo:

1. Amendola A, Panarella L. Osteochondral lesions: medial versus lateral, persistent pain, cartilage restoration options and indications. *Foot Ankle Clin.* 2009 Jun; 14(2):215-27.
2. Becher C, Driessen A, Hess T, Longo UG, Maffulli N, Thermann H. Microfracture for chondral defects of the talus: maintenance of early results at midterm follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;18(5): 656-663.
3. Benthien JP, Behrens P. The treatment of chondral and osteochondral defects of the knee with autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC): method description and recent developments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*, August 2011, Volume 19, Issue 8, pp 1316-1319.
4. Brittberg M. Cell carriers as the next generation of cell therapy for cartilage repair: a review of the matrix-induced autologous chondrocyte implantation procedure. *Am J Sports Med*, 2009, 38(6):1259-1271.
5. Candrian C, Barbero A, Bonacina E, Francioli S, Hirschmann MT, Milz S, Valderrabano V, Heberer M, Martin I, Jakob M. A novel implantation technique for engineered osteochondral grafts. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2009 Nov, Volume 17, Issue 11, pp 1377-1383.
6. Ferkel RD, Zanotti RM, Komenda GA, et al. Arthroscopic treatment of chronic osteochondral lesions of the talus: long-term results. *Am J Sports Med.* 2008 Sep; 36:1750-1762.
7. Giannini S, Buda R, Vannini F, Cavallo M, Grigolo B. One-step bone marrow-derived cell transplantation in talar osteochondral lesions. *Clin Orthop Rel Res.* 2009;467(12):3307-3320.
8. Gobbi A, Francisco RA, Lubowitz JH, et al. Osteochondral lesions of the talus: randomized controlled trial comparing chondroplasty, microfracture, and osteochondral autograft transplantation. *Arthroscopy.* 2006; 22:1085-1092.
9. Hangody L, Fules P (2003) Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(Suppl 2):25-32.
10. Jaroszewski J, Kruczyński J, Piontek T, Trzeciak T, Kaszuba B., Lubiawski P. Wartość autologicznych przeszczepów miazgi chrząstki - kostnej w doświadczalnym leczeniu uszkodzeń chrząstki stawowej. Część II ocena mikroskopowa integracji z otaczającą chrząstką, integralność strukturalnej tkanki wypełniającej ubytek oraz rekonstrukcji kości podchrząstnej. *Ortop. Traumat. Rehab. Chirurgia Narządu Ruchu i Ortopedia Polska*, 2003; 68 (5): 235-240.
11. Lee KT, Kim JS, Young KW, Lee YK, Park YU, Kim YH, Cho HK. The use of fibrin matrix-mixed gel-type autologous chondrocyte implantation in the treatment for osteochondral lesions of the talus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Jun 30.
12. Murawski C.D, Kennedy J.G. The Treatment of Osteochondral Lesions of the Talus with Autologous Osteochondral Transplantation and Bone Marrow Aspirate Concentrate: Surgical Technique. *Cartilage* October 2011 2: 327-336.
13. Murawski CD, Foo LF, Kennedy JG. A review of arthroscopic bone marrow stimulation techniques of the talus: the good, the bad, and the causes for concern. *Cartilage*, April 2010; vol. 1, 2: pp. 137-144.
14. Robinson DE, Winson IG, Harries WJ, Kelly AJ. Arthroscopic treatment of osteochondral lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Br* 2003 Sep; 85-B: 989-993.
15. Taranow WS, Bisignani GA, Towers JD et al. Retrograde drilling of osteochondral lesions of the medial talar dome. *Foot and Ankle* 1999, Int 20:474-480.
16. Valderrabano V, Leumann A, Rasch H, et al. Knee-to-ankle mosaicplasty for the treatment of osteochondral lesions of the ankle joint. *Am J Sports Med.* 2009;37(suppl 1):105S-111S.
17. van Bergen CJ, de Leeuw PA, van Dijk CN. Treatment of osteochondral defects of the talus. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2008; 94:398-408.
18. Zengerink M, Szerb I, Hangody L et al. Current concepts: treatment of osteochondral ankle defects. *Foot Ankle Clin* 2006; 11:331-359.
19. Zengerink M, Struijs PA, Tol JL, van Dijk CN. Treatment of osteochondral lesions of the talus: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Feb;18(2):238-46.