

Przegląd technik operacyjnych stosowanych w uszkodzeniach chrzęstno-kostnych

Review of Surgical Management Techniques for Osteochondral Lesions

Jarosław Gryglewicz^(B,E,F) , Szymon Łukasz Dragan^(A,E) 

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu dla Dorosłych i Dzieci, Wrocław, Polska

STRESZCZENIE

Pierwsze próby chirurgicznego zaopatrywania urazów chrząstki miały miejsce w latach 50. XX wieku. Od tego czasu opracowano różne techniki rekonstrukcyjne, niestety żadna ze stosowanych metod nie umożliwiła wytworzenia regeneratu utworzonego wyłącznie z chrząstki szklistej. W niniejszym opracowaniu podsumowano najczęściej stosowane techniki rekonstrukcji chrzęstnych i chrzęstno-kostnych w obrębie stawu kolanowego.

Opisane techniki różnią się wskazaniami, które zależą przede wszystkim od lokalizacji urazu, rozmiaru uszkodzenia oraz stanu ogólnego pacjenta. W przypadku głębokich uszkodzeń, wskazane jest wykonanie rekonstrukcji chrzęstno-kostnej, która polega zarówno na uzupełnieniu ubytku kostnego i stworzeniu dogodnych warunków dla wytworzenia regeneratu chrząstki.

Zastosowanie właściwej metody naprawczej zwiększa szansę na uzyskanie dobrego efektu terapeutycznego, co rozumiane jest jako zmniejszenie dolegliwości bólowych, umożliwienie powrotu do wcześniejszych aktywności i spowolnienie postępowania zmian zwyrodnieniowych.

Słowa kluczowe: chrząstka stawowa, ACI, scaffold, mikroślamania, hialuronian

SUMMARY

Early attempts at surgical management of cartilage lesions date back to the 1950s. Since then, various reconstructive techniques have been developed; unfortunately, none of the methods used has been able to produce a regenerate formed solely of hyaline cartilage. This paper summarizes the most popular techniques for chondral and osteochondral reconstructions of knee joint tissues.

The techniques differ in their indications, which depend primarily on the location of the injury, the extent of the damage and the patient's overall health. In cases of deep damage, osteochondral reconstruction is indicated, which involves both repairing the bone defect and creating favorable conditions for the formation of regenerative tissue cartilage.

The use of an appropriate repair technique increases the chances of a good therapeutic effect, which is understood as a reduction in pain, resumption of previous activities and slowing down the progression of osteoarthritis.

Key words: articular cartilage, scaffold, hyaluronate, ACI, microfracture

WSTĘP

Uszkodzenia chrząstki stawowej, a także uszkodzenia chrzęstno-kostne są często spotykanymi uszkodzeniami śródstawowymi w obrębie stawów kończyn dolnych. W przypadku wyraźnie odciętych od otoczenia uszkodzeń ogniskowych, niezbędne jest odpowiednie ich zaopatrzenie. Uszkodzeniom towarzyszą znaczne dolegliwości bólowe, pogorszenie funkcjonowania oraz obniżenie jakości życia. W długoterminowym ujęciu, uszkodzenia chrząstki będą sprzyjać wtórnym uszkodzeniom śródstawowym oraz przyczynią się do znacznie przyspieszonego wystąpienia zmian zwyrodnieniowych. Choroba zwyrodnieniowa stawów jest bardzo istotnym problemem zdrowotnym. Badacze dowodzą, jak istotny wpływ na rozwój choroby zwyrodnieniowej ma efektywne przeciwdziałanie jej uszkodzeniom oraz dążenie do odbudowania chrząstki szklistej.

OCZEKIWANE REZULTATY

Efektorem większości wykonywanych obecnie procedur jest wypełnienia uszkodzonego miejsca tkanką włóknisto-podobną. Jest to stan daleki do optymalnego, ponieważ jej właściwości biomechaniczne bardzo różnią się od chrząstki szklistej. Kolejnym problemem jest niski stopień integracji nowopowstałej tkanki z otoczeniem – ma to negatywny wpływ na odporność mechaniczną i może być przyczyną dalszej progresji zmian degeneracyjnych na granicy struktur [1].

TECHNIKI OPERACYJNE

Po wykorzystaniu możliwości leczenia zachowawczego uszkodzenia chrząstki stawowej, w głównej mierze, zaopatrywane są techniką artroskopową lub metodą półotwartą. Efektywność takiego leczenia jest zróżnicowana, a istotnymi czynnikami modyfikującymi są wiek pacjenta, czas od wystąpienia objawów, aktywność fizyczna przed urazem, BMI oraz rozległość uszkodzenia. W celu zoptymalizowania efektu terapeutycznego, postępowanie operacyjne często uzupełniane jest technikami bioortopedycznymi i “skrojonym na miarę” protokołem rehabilitacyjnym.

PŁUKANIE STAWU I OCZYSZCZENIE CHRZĄSTKI STAWOWEJ

Oczyszczenie uszkodzonej chrząstki (ang. *debridement*) jest podstawową techniką artroskopową, która polega na usunięciu powierzchniowych uszkodzeń, wyrównaniu krawędzi i nierówności zmiany przy użyciu takich narzędzi, jak shaver, kureta, punch czy chondrektor [2].

DEBRIDEMENT – Technika operacyjna

Inspekcja stawu, zlokalizowanie uszkodzeń chrząstki, sprawdzenie ich stabilności, rozległości i głębokości są pierwszym elementem zabiegu, wykonywanego najczęściej w technice artroskopowej. Następnie przystępuje się do oczyszczania miejsca uszkodzenia i usunięcia wszystkich niestabilnych fragmentów. Kluczowe jest, aby debridement obejmował margines zdrowej tkanki, co znacząco wpływa na odpowiednią przebudowę regeneratu. Debridement jest kluczowym etapem wstępnym wszystkich opisywanych dalej procedur (będzie pomijany w opisach).

Debridement często połączony jest z płukaniem stawu (ang. *lavage*), które dodatkowo usuwa wolne ciała i płyn stawowy z czynnikami zapalnymi, co u wielu pacjentów wiąże się z czasowym zmniejszeniem dolegliwości bólowych i poprawą kliniczną.

Lavage stawu kolanowego jako izolowana procedura wiąże się z nieznacznym, krótkotrwałym efektem przeciwbólowym [3].

METODY STYMULACJI SZPIKU KOSTNEGO: SUBCHONDRAL DRILLING, ABRASION ARTHROPLASTY, MICROFRACTURES

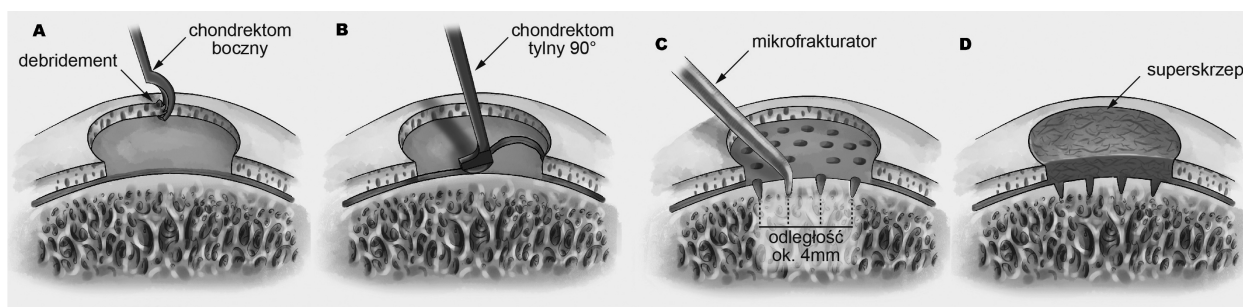
Założeniem technik stymulacji szpiku kostnego jest celowe uszkodzenie warstwy podchrzęstnej, wywołanie krwawienia, uwolnienie szpiku kostnego oraz napływ komórek mezenchymalnych (MSC) i czynników wzrostu. Wspomaga to przebudowę tkankową i regenerację uszkodzenia. W warunkach fizjologicznych brak ukrwienia znacznie ogranicza te procesy.

Początki metod opartych na stymulacji szpiku kostnego sięgają lat 50. XX wieku. W 1959 r. Pridie opisał technikę polegającą na nawiercaniu grotem Kirschnera licznych drobnych otworów w warstwie podchrzęstnej, co prowadziło do śródstawowego krwawienia, które umożliwiała gojenie się uszkodzeń [4]. Zabieg nazwany został *subchondral micro-drilling (MD)*.

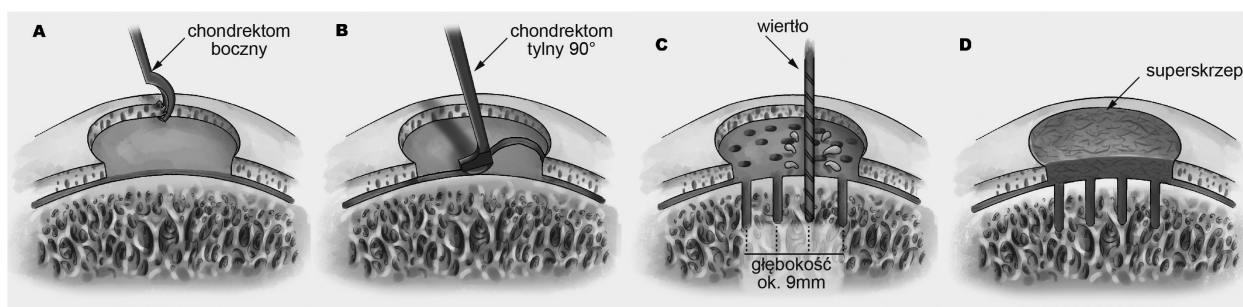
Ewolucją powyższych technik stała się metoda nazwana mikrofrakturacją (*microfracture, MFX*, gdzie nawiercanie zastąpiono wykonywaniem wgłębień (mikrozłamań) przy pomocy ostrego narzędzia (mikrofrakturatora, *awl*).

MIKROZŁAMANIA – Technika operacyjna

W warstwie podchrzęstnej wykonywane są, sięgające ok 4-6 mm wgłąb, mikrozłamania. Wykorzystywane jest mocne, ostre narzędzie (mikrofrakturator, *awl*), a potwierdzeniem prawidłowo wykonanej procedury są pojawiające się kropelki tłuszczu i szpiku kostnego. Otwory należy wykonywać w odległo-



Ryc. 1. Technika operacyjna: mikroślazania. Rycina własna. Po przeprowadzeniu debridementu uszkodzenia należy wykonać mikroślazania. Efektem prawidłowo przeprowadzonego zabiegu jest skrzep powstały w obrębie uszkodzenia (ang. superclot)



Ryc. 2. Technika operacyjna: subchondral drilling. Rycina własna. Nawiercenia warstwy podchrzęstnej są najskuteczniejsze, kiedy mają głębokość ok. 9 mm, w odstępach ok. 4 mm

ści ok. 4 mm od siebie, optymalnie rozpoczynając od obwodu uszkodzenia i następnie kierując się koncentrycznie [5]. Ulepszeniem tej metody jest zastąpienie stożkowato zakończonym mikrofraktatorem, nano-fraktatorem, którego ostrze ma średnicę poniżej 1 mm, co pozwala na znacznie głębszą penetrację (do ok. 9 mm), przy jednoczesnym zmniejszeniu uszkodzenia beleczek kostnych. Większa głębokość wykonanego otworu prowadzi do lepszego wypełnienia ubytku, a także wpływa korzystnie na jakość regeneratu.

W przypadku MD zwraca się uwagę na możliwość występowania miejscowej martwicy podchrzęstnej spowodowanej temperaturą wytwarzaną przez wiertło, co negują wyniki randomizowanych badań. Dobór właściwego wiertła w połączeniu z prawidłową techniką wiercenia umożliwia zminimalizowanie miejscowego wzrostu temperatury, zaś ściany kanałów po MFx wykazują zwiększone zagęszczenie tkanki kostnej, które utrudnia napływ.

MD powoduje mniejsze uszkodzenie warstwy podchrzęstnej niż MFx, co poprawia jakość uformowanego skrzepu. Uzyskany efekt terapeutyczny zazwyczaj wycofuje się w okresie 5-letnim. Czas utrzymania się poprawy związany jest z wiekiem pacjenta, lokalizacją zmian oraz aktywnością fizyczną [6].

Powyższe metody posiadają ograniczenia, które istotnie wpływają na uzyskany efekt kliniczny. Do-

stępna literatura pokazuje brak ujednoczonego protokołu rehabilitacji oraz czasu do powrotu do pełnej aktywności fizycznej. Autorzy opisują obserwacje pacjentów, którzy byli poddani ww. procedurom, pomimo morfologii uszkodzeń wykraczającej poza zalecenia. Wykonanie MFx na uszkodzeniach znacznie większych od zalecanych 2-3cm², może istotnie wpływać na uzyskany efekt i sukces terapeutyczny lub jego brak [7].

Stymulacji szpiku można dokonać również przez artroskopową artroplastykę abrazyjną (*arthroscopic abrasion arthroplasty*), opisaną w latach 80. Metoda powinna być traktowana jako terapia paliatywna, znajdująca zastosowanie u pacjentów mało aktywnych, odczuwających ból spoczynkowy i nocny, niezgadających się na alloplastykę stawu.

RUSZTOWANIA (SCAFFOLDS)

Głęboki ubytek chrząstny lub chrzęstno-kostny wymusza zastosowanie implantów lub technik łączonych. Wytworzenie wartościowego, stabilnego regeneratu, wymaga zapewnienia odpowiednich warunków gojenia. W tym celu wykorzystywane są biomateriałowe rusztowania, strukturalnie wzmacniające nowopowstającą tkankę. Mają one formę półprzepuszczalnej membrany lub hydrożelu. Są pochodzenia naturalnego, o różnym stopniu przetworzenia, lub syntetyczne. Scaffold umieszczony w miejscu ubytku

w momencie formowania skrzepu stanowi fizyczną barierę zatrzymującą szpik kostny i kropelki tłuszczu, stwarzając optymalne warunki do regeneracji.

Scaffoldy pochodzenia naturalnego, zbudowane z białek lub węglowodanów, zapewniają środowisko regeneracji najbardziej zbliżone do warunków fizjologicznych. Mocowane są dzięki adhezji, za pomocą kleju lub szwów do otaczającej ubytek zdrowej tkanki chrzęstnej. Matryca przykrywa i utrzymuje MSC w pierwotnie uszkodzonym miejscu, co zapobiega ich migracji wewnątrz stawu i umożliwia utworzenie stabilnego konglomeratu. Matryce utworzone z węglowodanów to przede wszystkim membrany na bazie proteoglikanów – m.in. agarozy, hialuronianu, chitozanu.

Rusztowania sztuczne wytwarzane są na bazie syntetycznych polimerów, z których najpopularniejszymi są kwasy polilaktyd (PLA) oraz poliglikol (PGA). W dużej mierze wynika to ze względu na akceptację tych substancji przez FDA jako surowca do wyrobu nici chirurgicznych. Ich przewagą nad naturalnymi odpowiednikami są modyfikowalny kształt oraz zwiększona odporność mechaniczna.

Zastosowanie scaffoldów w połączeniu z MFx znacznie polepsza efekty terapeutyczne, nie generując przy tym wysokich kosztów [8].

Obok opisanych wcześniej membran, równie istotną grupą biomateriałów są hydrożele. Preparaty, te strukturą i przeznaczeniem przypominają fizjologiczną macierz pozakomórkową. Istnieje możliwość dostosowania czasu ich biodegradacji, a także zawieszenia w nich MSC oraz czynników wzrostowych. Substraty, z jakich wykonywane są hydrożele, są zbliżone do membran [9].

W ostatnim czasie pojawiają się nowe scaffoldy, które przestają mieć formę wyłącznie membran. W ostatnim czasie pojawiło się wiele publikacji opisujących pilotażowe badania nad scaffoldami wytwarzanymi techniką druku 3D. Jako materiał do opracowania scaffoldu 3D, używane są m.in. dobrze poznane: kwas hialuronowy, kolageny, siarczany chondroityny [10].

Warty odnotowania jest scaffold Agili-C, który 30 marca 2022 roku został zaaprobowany przez FDA jako produkt dopuszczony do rekonstrukcji chrzęstno-kostnych. Jest wytworzony na bazie aragonitu – do jego produkcji wykorzystuje się szkielety niektórych koralowców. Opracowanie miejsca uszkodzenia jest podobne do techniki stosowanej w OAT. Dwuletnia obserwacja pacjentów, u których zastosowano Agili-C do rekonstrukcji chrzęstno-kostnej, ukazała znaczną poprawę kliniczną, spadek dolegliwości bólowych, całkowite wypełnienie ubytków w kontrolnych MR. Regenerat został poddany badaniu histologicznemu, gdzie określono tkankę jako mocno zbliżoną do fizjologicznej chrząstki szklistej [11].

ACI, MACI

ACI (autologous chondrocyte implantation) jest stosowaną na świecie metodą naprawczą, która przynosi dobre efekty szczególnie u pacjentów, którzy z powodu rozległości uszkodzeń chrząstki nie kwalifikują się do leczenia z wykorzystaniem metod opartych na MFx.

Do chwili obecnej technika w znacznym stopniu ewoluowała, czego skutkiem jest wyszczególnienie 3 jej generacji. Różnią się one sposobem implantacji komórek oraz ich unieruchomieniem.

ACI – Technika operacyjna

Założeniem ACI jest pobranie w pierwszym etapie leczenia nieobciążanej chrząstki stawowej pacjenta, a następnie hodowla chondrocytów w warunkach laboratoryjnych przez 2-6 tygodni.

W drugim etapie leczenia, chondrocyty implantowane są w miejscu uszkodzenia chrzęstnego. Kolejnym krokiem jest umieszczenie w ubytku zawiesziny komórek, która musi zostać stabilnie ufixowana. Techniki fiksacji różnią się w zależności od generacji ACI.

1. generacja, określana jako ACI-P (ACI - periosteal flap), opisana została w 1994 r. przez Brittberga. Nazwana ze względu na wykorzystanie pobranego z kości udowej lub piszczelowej płatka okostnej, który jest naszywany na uszkodzone miejsce, zaś wyhodowane chondrocyty są implantowane pod naszytą okostną [12].
2. generacja, ACI-C, zastąpiła płat okostnej kolagenową membranę (ACI – collagen cap). Technika wykonania jest analogiczna, jak w 1. generacji, jednak użycie gotowej membrany rozwiązuje problem pobrania okostnej od pacjenta.
3. generacja ACI oparta jest na implantacji chondrocytów wyhodowanych w strukturze scaffoldu – np. matrycy kolagenowej. Tak przygotowana macierz, przycięta na kształt zmiany, zostaje umieszczona w miejscu uszkodzenia i zalana klejem tkankowym.

Efekty I i II generacji są porównywalne pod względem klinicznej poprawy. Część autorów wskazuje jednak na lepszą jakość tkanki po ACI-C. Często występującym powikłaniem, dotyczącym wszystkich generacji ACI, jest występujący po 3-6 miesięcy przerost regeneratu, co może skutkować potrzebą reoperacji. Badania wskazują na znacznie mniejszy odsetek reoperacji przy wykorzystaniu 2. generacji [13].

Wysoki koszt procedury, konieczność dwóch operacji oraz porównywalne z prostszymi technikami operacyjnymi efekty sprawiają, że ACI nie jest uważane za metodę z wyboru leczenia ubytków chrzęstnych i chrzęstno-kostnych [14].

AMIC®

AMIC® to nazwa handlowa jednoetapowej techniki, która łączy wymienione wcześniej metody, w której wykorzystana jest kolagenowa matryca Chondro-Gide. Wykonanie takiego zabiegu z wykorzystaniem innej membrany nie może być określane jako AMIC®.

AMIC® – Technika operacyjna

Po przeprowadzeniu debridementu, należy wykonać MFX i pokryć opracowywaną okolice membraną kolagenową. Membrana powinna być następnie przytwierdzona w miejscu uszkodzenia. Zarówno szycie, jak i fiksacja z pomocą kleju tkankowego są dopuszczalne, bez istotnej przewagi żadnej metody. W przypadku procedury AMIC® stosowana jest matryca Chondro-Gide®, niemniej dostępne są również inne implanty.

Zaletami tej procedury są bez wątpienia jej jednoetapowość oraz brak potrzeby pobierania tkanek pacjenta i przeprowadzania hodowli komórkowych, jak ma miejsce w przypadku ACI. W porównaniu do MFX, poprawa kliniczna, pozabiegowa aktywność fizyczna i częstość reoperacji, przemawiają na korzyść AMIC [15].

OSTEOCHONDRAL AUTOGRAFT TRANSFER (OAT)

OAT (Osteochondral Autograft Transfer) to obecnie jedyna metoda, która daje możliwość wypełnienia uszkodzenia chrząstką szklistą.

OAT – Technika operacyjna

Przy pomocy ręcznych pobieraków z miejsca donacji wycina się kołki chrzęstno – kostne o wysokości ok. 15 mm. Kołki mocowane są w technice press-fitowej, dlatego w miejscu insercji należy wykonać otwór o średnicy o 1 mm mniejszej niż średnica wszczepianego cylindra. Należy dążyć do uzyskania gładkiej powierzchni stawowej, bez uskoków.

Przy pobieraniu kołków należy zachować 1-2 mm odstępu pomiędzy otworami, w przeciwnym razie może dojść do wtórnego złamania [16].

Możliwy jest również przeszczep allogeniczny, co eliminuje konieczność uszkodzenia zdrowej tkanki biorcy, jednak konieczne jest przeszczepienia świeżej, neutralnej tkanki. Wybór allograftu chrzęstno-kostnego o kształcie odpowiadającym kształtowi (rozmiar i krzywizna) kłykcia biorcy umożliwia uzyskanie optymalnego efektu [17].

Wadami tej techniki jest przede wszystkim konieczność uszkodzenia pierwotnie zdrowej tkanki, większy koszt operacji oraz wydłużenie czasu operacji w lokalnym niedokrwieniu, co może zwiększać ryzyko powikłań.

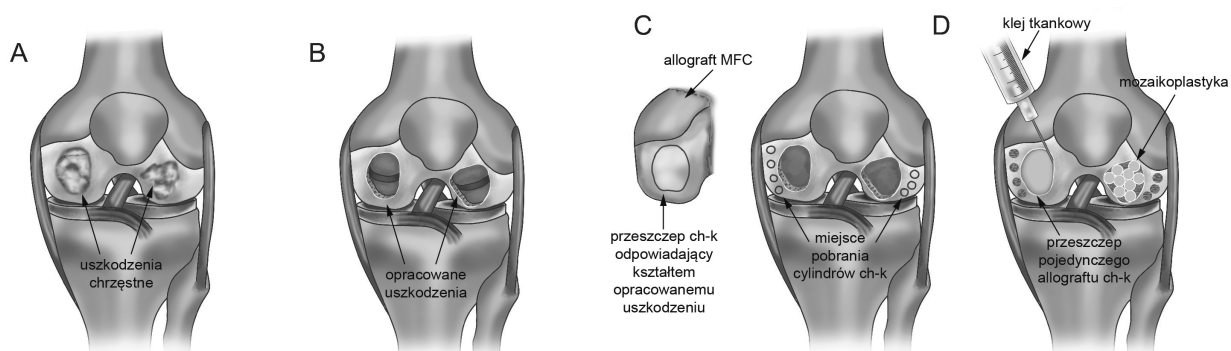
Lepsze efekty OAT od MFX potwierdza metaanaliza z 2016 roku, szczególnie w przypadku uszkodzeń chrzęstno-kostnych o rozmiarze powyżej 3 cm² oraz pacjentów cierpiących na OCD (*osteochondritis dissecans*) [18].

Przeszczepy chrzęstno-kostne są efektywną metodą leczenia urazów chrząstki u zawodowych sportowców. OAT, w porównaniu z MFX, pozwala na znacznie szybszy powrót do pełnej aktywności fizycznej i gwarantuje uzupełnienie uszkodzenia fizjologiczną chrząstką szklistą [19].

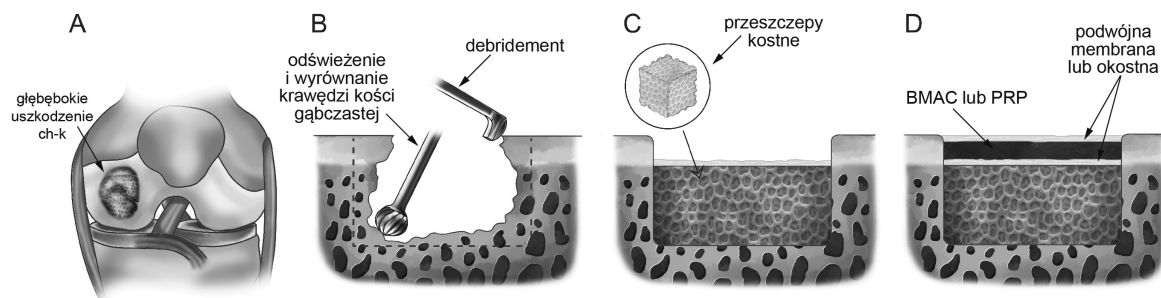
Przeszczepy chrzęstno-kostne powinny być również preferowanym leczeniem w przypadku uszkodzeń o dużej powierzchni (autorzy przytoczonych badań za granicę uważali 2-3 cm²).

LECZENIE GŁĘBOKICH SZKODZEŃ CHRZĘSTNO-KOSTNYCH

Leczenie głębokich uszkodzeń chrzęstno-kostnych, obejmujące również kość gąbczastą, powinno obejmować również wypełnienie ubytku kostnego. Odtworzenie właściwej powierzchni stawowej i zapewnienie warunków do integracji regeneratu nie jest



Ryc. 3. Technika operacyjna: mozaikoplastyka i allogeniczny przeszczep chrzęstno-kostny. Rycina własna. Kształt i rozmiar uszkodzenia można oceniać przy pomocy jałowej miary lub wykonując odcisk w jałowej folii aluminiowej. Miejsce pobrania przeszczepów można oznaczyć przy pomocy jałowego flamastra. Po przeszczepieniu bloczków chrzęstno-kostnych może wystąpić konieczność augmentacji klejem tkankowym. Graft może być dodatkowo nasączony PRP lub BMAC



Ryc. 4. Technika operacyjna: warstwowa rekonstrukcja chrzęstno-kostna. Rycina własna

możliwe bez stabilnego podłoża. Uzupełnienie zagłębienia tkanką kostną jest krokiem koniecznym dla powodzenia zabiegu rekonstrukcyjnego. W przeciwnym razie, nierówna powierzchnia stawu będzie prowadzić do gorszych efektów oraz przyspieszy zwyrodnienie stawu.

Techniki wykorzystywane do zaopatrzenia tego typu uszkodzeń dążą do warstwowej rekonstrukcji tkanek. Kolejne warstwy są stabilizowane przy pomocy kleju tkankowego oraz z użyciem membran. Z powodu warstwowego ułożenia tkanek, ten typ zabiegów bywa nazywany *sandwich procedure*.

Rekonstrukcje warstwowe – Technika operacyjna

Materiałem do wypełnienia ubytku może być zarówno tkanka kostna pacjenta oraz przeszczepy kostne z banku tkanek. Wykorzystanie autologicznych przeszczepów kostnych wiąże się z koniecznością wykonania dodatkowego dostępu operacyjnego (zazwyczaj jako miejsce pobrania wykorzystuje się talerz kości biodrowej), co zwiększa ryzyko infekcji oraz wpływa na większy ból pooperacyjny [20]. Wykorzystanie przeszczepów allogenicznych nie pogarsza efektu leczniczego w porównaniu do przeszczepu autologicznego, dodatkowo minimalizując ryzyko powikłań związanych z pobraniem materiału [21]. W przypadku użycia mrożonych przeszczepów, należy ogrzać je do temperatury zbliżonej do pokojowej, mocząc je w izotonicznej soli fizjologicznej.

Przeszczepy należy dokładnie rozdrobnić, podczas umieszczania ich w opracowywanym miejscu powinno się kilkukrotnie je ubić. Tak wypełniony ubytek należy zabezpieczyć przy pomocy membrany hialuronowej/kolagenowej lub płata okostnej, które należy umocować z użyciem kleju tkankowego. Stymulacja szpiku przed uzupełnieniem ubytku zwiększy napływ MSC, co wzmocni potencjał regeneracyjny.

Opracowanie głębokiego uszkodzenia chrzęstno-kostnego można zakończyć na tak zbudowanym graficie (sposób uproszczony) [22].

Część autorów zaleca jednak tworzenie kolejnej warstwy graftu, z wykorzystaniem siekanej chrząstki (*minced cartilage*) uzyskanej z opracowanego uszkodzenia chrzęstnego. Tkanę rozdrabnia się przy pomocy młynka lub siekając ją skalpelem na cząstki o wymiarach nieprzekraczających 1 mm. Całość pokrywa się drugim płatem okostnej lub membraną.

Tego typu rekonstrukcje wykonuje się na otwarcie lub w suchej artroskopii [23].

Uzupełnienie „sandwich procedure” o ACI, skutkuje istotnie lepszym efektem klinicznym, mniejszym odsetkiem niepowodzeń i rzadszą koniecznością reoperacji. Metoda jest również skuteczna w przypadku, kiedy rozmiar uszkodzenia kostnego jest mniejszy od uszkodzenia chrzęstnego [24].

PODSUMOWANIE

Ostatnie dekady przyniosły znaczący rozwój zarówno ortopedii jak i bioinżynierii, skutkujący zwiększeniem jakości życia pacjentów dotkniętych uszkodzeniami chrząstki stawowej, a także rozszerzyły wachlarz możliwości odsuwających w czasie rozwiązania ostateczne, jakim jest alloplastyka stawów. Rozwój tych dziedzin dynamicznie przyspieszył w ostatnich latach, co obrazuje ilość doniesień literaturowych, które pojawiły się w ostatnim czasie.

Opisane techniki różnią się wskazaniem, które zależą przede wszystkim od lokalizacji urazu, rozmiaru uszkodzenia oraz stanu ogólnego pacjenta. W przypadku głębokich uszkodzeń, wskazane jest wykonanie rekonstrukcji chrzęstno-kostnej, która polega zarówno na uzupełnieniu ubytku kostnego i stworzeniu dogodnych warunków dla wytworzenia regeneratu chrząstki.

Zastosowanie właściwej metody naprawczej zwiększa szansę na uzyskanie dobrego efektu terapeutycznego, co rozumiane jest jako zmniejszenie dolegliwości bólowych, umożliwienie powrotu do wcześniejszych aktywności i spowolnienie postępowania zmian zwyrodnieniowych.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Armiento AR, Alini M, Stoddart MJ. Articular fibrocartilage – Why does hyaline cartilage fail to repair? *Adv Drug Deliv Rev.* 2019;146:289-305.
2. Puszkarcz MA, Sadlik BA, Solecki AD, Klinika św Łukasza E, St Luke P. Chondrektomia – przegląd narzędzi chirurgicznych i ich skuteczność. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2015;17(4):333-342.
3. Palmer JS, Monk AP, Hopewell S, et al. Surgical interventions for symptomatic mild to moderate knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;2019(7).
4. PRIDIE, KH. A Method of resurfacing osteoarthritic knee joints. *J Bone Jt Surg41-B.* 1959;3:618-619.
5. Steadman JR, Rodkey WG, Singleton SB, Briggs KK. Microfracture technique for full-thickness chondral defects: Technique and clinical results. *Oper Tech Orthop.* 1997;7(4):300-304.
6. Kraeutler MJ, Aliberti GM, Scillia AJ, McCarty EC, Mulcahey MK. Microfracture Versus Drilling of Articular Cartilage Defects: A Systematic Review of the Basic Science Evidence. *Orthop J Sport Med.* 2020;8(8):2325967120945313.
7. Orth P, Gao L, Madry H. Microfracture for cartilage repair in the knee: a systematic review of the contemporary literature. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2020;28(3):670-706.
8. Starecki M, Gott MA, Schwartz JA, Sgaglione NA, Grande DA. Relevance of Engineered Scaffolds for Cartilage Repair. In: Gahunia HK, Gross AE, Pritzker KPH, Babyn PS, Murnaghan L, eds. *Articular Cartilage of the Knee: Health, Disease and Therapy.* Springer New York; 2020:411-425.
9. Baranowski M, Czubak J. New perspectives in joint cartilage treatment with special emphasis on new types of hydrogels. A review. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2019;21(4):237-251.
10. O'shea DG, Curtin CM, O'brien FJ. Biomaterials Science REVIEW Articulation inspired by nature: a review of biomimetic and biologically active 3D printed scaffolds for cartilage tissue engineering. *Cite this Biomater Sci.* 2022;10:2462.
11. Kon E, Di Matteo B, Verdonk P, et al. Aragonite-Based Scaffold for the Treatment of Joint Surface Lesions in Mild to Moderate Osteoarthritic Knees Results of a 2-Year Multicenter Prospective Study. *Am J Sports Med.* 2021 Mar;49(3):588-598.
12. Mistry H, Connock M, Pink J, et al. Autologous chondrocyte implantation in the knee: Systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess (Rockv).* 2017;21(6).
13. Gomoll AH, Probst C, Farr J, Cole BJ, Minas T. Use of a Type I/III Bilayer Collagen Membrane Decreases Reoperation Rates for Symptomatic Hypertrophy after Autologous Chondrocyte Implantation. *Am J Sports Med.* 2009;37(1_suppl):20S-23S.
14. Ogura T, Mosier BA, Bryant T, Minas T. A 20-Year Follow-up after First-Generation Autologous Chondrocyte Implantation. *Am J Sports Med.* 2017;45(12).
15. Migliorini F, Eschweiler J, Maffulli N, et al. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC) and Microfractures for Focal Chondral Defects of the Knee: A Medium-Term Comparative Study. *Life.* 2021;11(3):183.
16. Inderhaug E, Solheim E. Osteochondral Autograft Transplant (Mosaicplasty) for Knee Articular Cartilage Defects. *JBJS Essent Surg Tech.* 2019;9(4):e34.
17. Trofa DP, Hong IS, Lopez CD, et al. Isolated Osteochondral Autograft Versus Allograft Transplantation for the Treatment of Symptomatic Cartilage Lesions of the Knee: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2023;51(3).
18. Pareek A, Reardon PJ, Macalena JA, et al. Osteochondral Autograft Transfer Versus Microfracture in the Knee: A Meta-analysis of Prospective Comparative Studies at Midterm. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg.* 2016;32(10):2118-2130.
19. Crawford ZT, Schumaier AP, Glogovac G, Grawe BM. Return to Sport and Sports-Specific Outcomes After Osteochondral Allograft Transplantation in the Knee: A Systematic Review of Studies With at Least 2 Years' Mean Follow-Up. *Arthroscopy.* 2019;35(6):1880-1889.
20. Grechenig S, Worlicek M, Penzkofer R, et al. Bone block augmentation from the iliac crest for treatment of deep osteochondral defects of the knee resembles biomechanical properties of the subchondral bone. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(8):2488-2493.
21. McCarty EC, Fader RR, Mitchell JJ, Glenn RE Jr, Potter HG, Spindler KP. Fresh Osteochondral Allograft Versus Autograft: Twelve-Month Results in Isolated Canine Knee Defects. *Am J Sports Med.* 2016 Sep;44(9):2354-65.
22. Rodriguez-Merchan EC, Encinas-Ullan CA, Liddle AD. Osteochondral Allografts for Large Osteochondral Lesions of the Knee Joint: Indications, Surgical Techniques and Results. *Arch Bone Jt Surg.* 2022;10(3):245-251.
23. Sadlik B, Kolodziej L, Blasiak A, Szymczak M, Warchal B. Biological reconstruction of large osteochondral lesions of the talar dome with a modified "sandwich" technique—Midterm results. *Foot Ankle Surg.* 2017;23(4):290-295.
24. Minas T, Ogura T, Headrick J, Bryant T. Autologous Chondrocyte Implantation "Sandwich" Technique Compared With Autologous Bone Grafting for Deep Osteochondral Lesions in the Knee. *Am J Sports Med.* 2018;46(2):322-332.

Liczba słów/Word count: 3324
Tabele/Tables: 0**Ryciny/Figures:** 4**Piśmiennictwo/References:** 24*Adres do korespondencji / Address for correspondence*

Jarosław Gryglewicz, lekarz, Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu dla Dorosłych i Dzieci, ul Borowska 213, 50-556 Wrocław
tel. +48 880 060 601, e-mail lekarz.jaroslawgryglewicz@gmail.com

Otrzymano / Received 03.04.2023 r.
Zaakceptowano / Accepted 10.06.2023 r.