

Anna PUKALUK<sup>1</sup>, Anna M. RYNIOWICZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

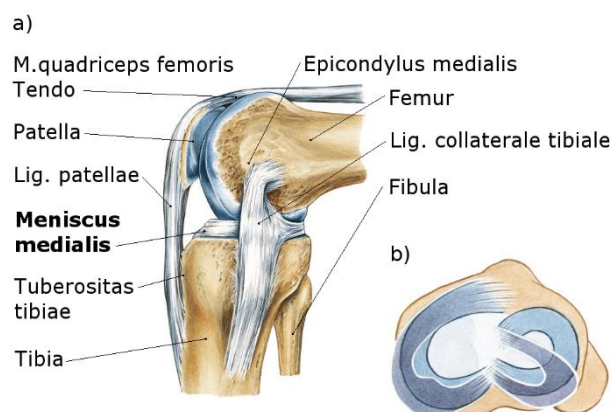
## ŁĄKOTKI STAWU KOLANOWEGO – METODY REGENERACJI

**Streszczenie:** Łąkotki stawu kolanowego są kluczowymi strukturami zapewniającymi prawidłową pracę stawu, a ich usunięcie powoduje zapoczątkowanie nieodwracalnych zmian chorobowych na powierzchniach stawowych. Opracowano wiele metod leczenia uszkodzonych łąkotek, jednak każda z nich charakteryzuje się pewnymi ograniczeniami co do zastosowania. Przewyciężenie tych ograniczeń poprzez stworzenie implantu, który by doskonale zastępował anatomiczną łąkotkę, jest już podejmowanym, ale jeszcze niezrealizowanym wyzwaniem.

**Słowa kluczowe:** łąkotki stawu kolanowego, meniscectomia, inżynieria tkankowa, skafold, implant

### 1. USZKODZENIA ŁĄKOTEK

Łąkotki aktywnie uczestniczą w ruchu stawu kolanowego [1-4], przez co są silnie narażone na urazy. Podczas zginania i prostowania przemieszczają się w zakresie ponad jednego centymetra względem powierzchni stawowych. Przy prostowaniu przesuwają się w przód, a podczas zginania w tył (Rys. 1). Co więcej, to łąkotki sprawiają, że możliwe są ruchy obrotowe. W czasie rotacji kolana, jedna z łąkotek przesuwa się do przodu, a druga do tyłu, zależnie od kierunku skrętu.

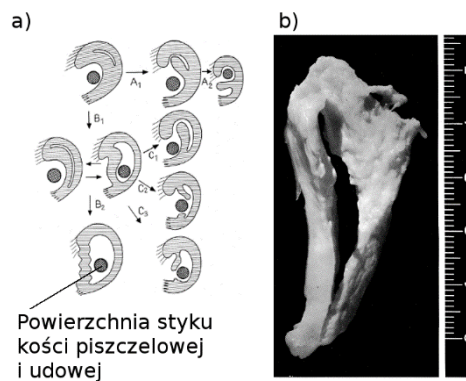


Rys.1. Łąkotki stawu kolanowego: (a) kolano w zgięciu, (b) zakres przesunięć łąkotek podczas zginania [3]

Przy zbyt gwałtownym wyproście stawu kolanowego, łąkotki mogą nie nadążyć za ruchem i zaklinować się. Inną przyczyną zaklinowania może być szybki skręt

z jednoczesnym zginaniem. Jest to typowa sytuacja w czasie jazdy na nartach – gwałtowne skręty podczas pozostawania w lekkim przysiadzie [4]. Wśród młodych pacjentów, urazy związane ze sportami kontaktowymi są najczęstszą przyczyną uszkodzeń łąkotek, które bardzo często powiązane są z urazem więzadła krzyżowego przedniego. Poza narciarstwem, w grupie sportów o zwiększonym ryzyku uszkodzenia łąkotek znajduje się piłka nożna, siatkówka i hokej [5,6]. Natychmiastowe symptomy to ból, opuchlizna i zablokowanie kolana. Zaobserwowano, że łąkotka przyśrodkowa ulega rozdarciu znacznie częściej niż łąkotka boczna [4,7].

Wśród dorosłych pacjentów uszkodzenia łąkotek towarzyszą zwykle zmianom zwyrodnieniowym. Wady wrodzone i torbiele łąkotkowe czynią łąkotkę bardziej podatną na uszkodzenia. Według Widuchowskiego [5], większość uszkodzeń stawu kolanowego to uszkodzenia łąkotek.



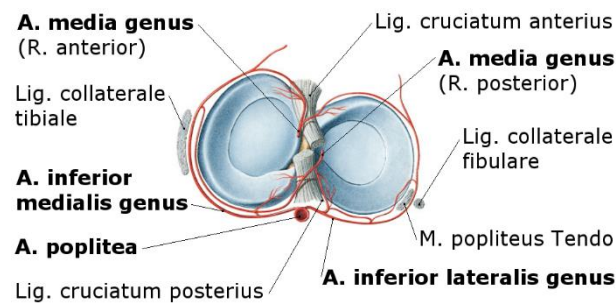
**Rys.2. Uszkodzenia łąkotek: (a) rozwój prostego podłużnego rozdarcia – lewy góry róg – do złożonego: wzdłuż linii A do rozerwania brzeżnego tzw. języczka, wzdłuż linii B do tzw. rączki od wiadra, wzdłuż linii B-C do rozdartej rączki od wiadra (b) próbka łąkotki z rozdarciem typu rączka od wiadra [8]**

Obszar, w którym występuje rozdarcie, a także jego rozmiar zależy od mechanizmu ruchu kolana i pozycji podczas urazu. Na rysunku 2 zaprezentowane są różne warianty rozdarć. Uszkodzenia złożone są zwykle następstwem postępującej degeneracji uszkodzenia prostego [7-9]. Skutkiem uszkodzonej łąkotki jest nieprawidłowa współpraca chrzęstnych powierzchni stawowych, sukcesywne pogarszanie się ich stanu, a w konsekwencji rozwój choroby zwyrodnieniowej.

## 2. MOŻLIWOŚĆ REGENERACJI ŁĄKOTKI W ZALEŻNOŚCI OD TYPU USZKODZENIA

Potencjał łąkotek do samoregeneracji jest niewielki z uwagi na ograniczenie ich unaczynienia jedynie do obszaru brzegu zewnętrznego (Rys. 3). Obszar ten w literaturze anglojęzycznej nazywany jest „red-red” [8] i zawiera także unerwione rogi łąkotek. Tzw. „white-white” część łąkotki jest nieunaczynionym i nieunerwionym brzegiem wewnętrznym. Pomiędzy nimi znajdują się strefa przejściowa zwana „red-white”.

Rozdarcia, które pojawiają się w strefie unaczynionej mają największą szansę na regenerację poprzez leczenie nieoperacyjne. Uważa się, że leczenie zachowawcze należy stosować w przypadku rozdarć podłużnych do 10 mm w strefie unaczynionej i do 3 mm w strefie nieunaczynionej [5].



Rys.3. Unaczynienie tętnicze łąkotek (prawy staw kolanowy) [3]

Badania przeprowadzone przez Hwang i Kwoh [10] pokazały, że odpowiednio przeprowadzona rehabilitacja skutkuje pożądanymi rezultatami w wielu przypadkach symptomatycznych rozdarć łąkotek, którym towarzyszy co najwyżej umiarkowany rozwój choroby zwyrodnieniowej. Trzy etapy leczenia, które łącznie trwały 6 tygodni, miały na celu zmniejszyć stan zapalny, zwiększyć ruchomość stawu, wzmocnić mięśnie, poprawić równowagę i koordynację. W przeprowadzonych badaniach, pozytywne wyniki uzyskano u 62% pacjentów.

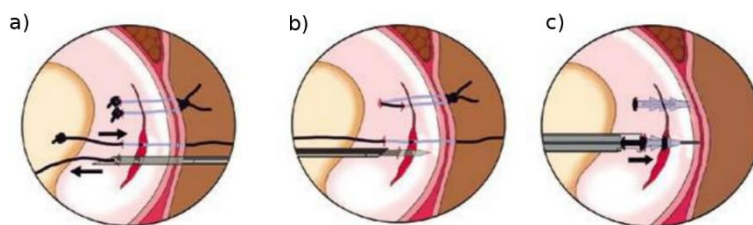
Podobne badania przeprowadzono w Chonnam National University Hwasun Hospital [11], gdzie skupiono się na poziomych rozwarstwieniach łąkotki przyśrodkowej. Po dwóch latach obserwacji wywnioskowano, że rehabilitacja może skutecznie zastąpić artroskopowe usunięcie łąkotki w przypadku pacjentów, których pourazowe odczucie bólu nie klasyfikowało do natychmiastowej operacji.

Meniscectomia (słowo pochodzi z języka greckiego i oznacza wycięcie łąkotki, „meniskos” znaczy „półksiężyc”, a „ektomia” – „wycięcie”) była w przeszłości uznawana za złoty środek w przypadku bólu kolana i ciągle jest powszechnie stosowana, pomimo tego, że wzmacnia postęp choroby zwyrodnieniowej, powoduje wzrost niestabilności kolana [12,13] oraz zanik masy mięśniowej w obrębie uda [14]. Wymienione konsekwencje stawiają w złym świetle usunięcie łąkotki i zachęcają do jej ochrony i regeneracji. Korzyści wynikające z leczenia zachowawczego są niekwestionowalne, ale ponieważ jego skuteczność jest mocno ograniczona lokalizacją i rozmiarem uszkodzenia, wielu pacjentów jest zmuszonych do poszukiwania innego rozwiązania.

### 3. ZSZYCIE JAKO PROCEDURA NAPRAWCZA

Od 1885 roku, kiedy to Annandale jako pierwszy zszył rozerwaną łąkotkę, wielu chirurgów z powodzeniem przeprowadza tę operację. Zszycie jest dedykowane dla rozdarć występujących w obszarze charakteryzującym się potencjałem do regeneracji. Kolejnym wymogiem jest techniczna możliwość zapewnienia ciągłości tkanki po zszyciu. Finalne kryterium to pozytywna ocena przywrócenia biomechanicznych funkcji łąkotki po zabiegu [5,15,16].

Rozróżnia się trzy techniki zszywania: outside-in, inside-out oraz all-inside (Rys. 4). Technika outside-in jest dedykowana dla rogu przedniego i rozdarć radialnych, podczas gdy metoda inside-out dla rogu tylnego, rozdarć na brzegach i typu rączka od wiadra. Obie wymienione metody wymagają użycia szwów. Technika all-inside może być stosowana z użyciem zarówno szwów jak i biowchłaniających elementów łączących, takich jak: kotwiczki, pinezki, strzałki czy śruby. Elementy łączące są zwykle stosowane w przypadku rozdarć podłużnych [17].



Rys.4. Techniki zszywania łąkotec: (a) outside-in, (b) inside-out, (c) all-inside [17]

W porównaniu do szwów, użycie elementów łączących jest łatwe i szybkie. Operacja na otwartym kolanie nie jest potrzebna, technika all-inside wykonywana jest jako zabieg artroskopowy, zatem ryzyko uszkodzenia nerwów lub tkanek miękkich jest istotnie zmniejszone [18]. Z drugiej strony, ta metoda wykazuje wiele wad, to jest: zmniejszona wytrzymałość łączenia, limitowana kompresja, zmienny profil wchłaniania, niepożądana reakcja na ciało obce, możliwość złamania łącznika, a nawet uszkodzenie przez niego tkanki chrzęstnej [17].

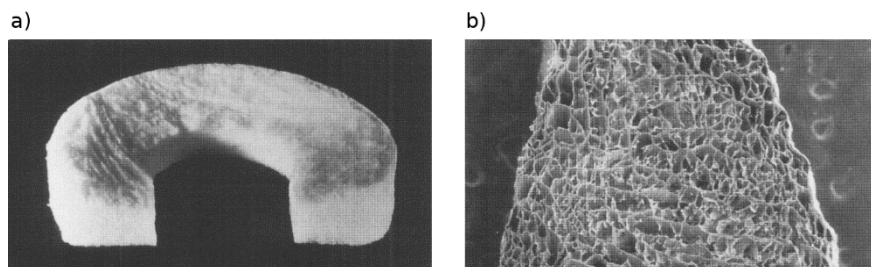
Pomimo tej samej techniki aplikacji i podobieństwa w budowie, elementy łączące powinny być rozpatrywane indywidualnie, a nie traktowane jako jedna metoda. Badania przeprowadzone w fińskim szpitalu klinicznym w Hatanpää [18] były skoncentrowane na porównaniu bioabsorbowalnych śrub i bioabsorbowalnych strzałek w regeneracji łąkotec. Dwuletnie obserwacje wykazały, że 29% pacjentów, u których zastosowano strzałki, doświadczyło uszkodzenia chrząstki na powierzchniach stawowych, podczas gdy nie zaobserwowano tego, u żadnego z pacjentów leczonego z zastosowaniem śrub. Z powodu tej znacznej różnicy porzucono stosowanie strzałek.

Zszywanie łąkotec można uznać za dobrą i bezpieczną metodę leczenia. Nie znajduje ona jednak zastosowania w przypadku złożonych uszkodzeń.

#### 4. METODY REGENERACJI W OPARCIU O SKAFOLDY

W przypadku złożonych uszkodzeń nie ma technicznej możliwości połączenia oderwanych od siebie części łąkotec ani poprzez zszywanie, ani też inną technikę łączenia. Obecny standardem dla takich przypadków jest zastosowanie skafoldu. Ta matryca charakteryzująca się wysoką porowatością i biokompatybilnością, jest szablonem wspomagającym migrację komórek i wzrost tkanki [6,19].

Skafoldy kolagenowe (Rys. 5) i poliuretanowe (Rys. 7) są powszechnie stosowane podczas prób klinicznych. Skafoldy kolagenowe są zrobione z włókien kolagenowych typu I, z oczyszczonego wołowego ścięgna Achillesa i poddane procesom chemicznym w celu pozostawienia jedynie czystego kolagenu. Rezultatem jest struktura o średniej gęstości  $0.2 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ , a rozmiary porów mieszczą się w zakresie od 75 do 400  $\mu\text{m}$  [6,20].

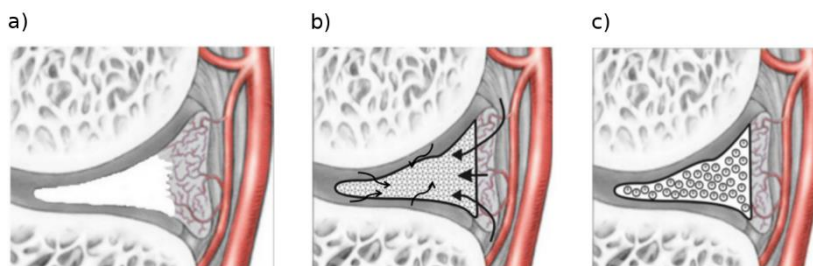


Rys.5. Kolagenowy skafold łąkotkowy: (a) fotografia, (b) obraz ze skaningowego mikroskopu elektronowego [19]

Alifatyczny poliuretanowy skafold Actifit [21] ma strukturę typu plaster miodu. Z cząsteczkowego punktu widzenia rozróżnia się dwa segmenty: miękki i uretanowy.

Segmenty miękkie stanowią około cztery piąte polimeru i odpowiadają za elastyczność. Pozostałe segmenty uretanowe zapewniają odpowiednią wytrzymałość.

Implantacja skafoldu jest zabiegiem artroskopowym. Pierwszym krokiem jest usunięcie uszkodzonej tkanki i rozszerzenie rany do strefy unaczynionej, tak aby zapewnić dopływ krwi do skafoldu (Rys. 6). Następnym krokiem jest zmierzenie zakresu usuniętej łąkotki i docięcie implantu z uwzględnieniem około 10% naddatku na skurcze po zszyciu. Następnie skafold jest włożony w miejsce brakującej tkanki i przyszyty do pozostawionego brzegu łąkotki. Duża porowatość skafoldu wspomaga przepływ komórek i składników odżywczych. Po około sześciu miesiącach obserwuje się przekształcanie pierwotnych włókien kolagenowych w chrzęstną tkankę włóknistą [6,20-23].



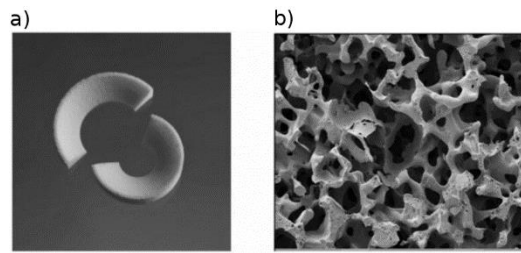
**Rys.6. Koncepcja aplikacji skafoldu: (a) uszkodzona tkanka jest usunięta – biały obszar, (b) skafold jest przyszyty do zewnętrznego brzegu pozostawionej części łąkotki, następuje regeneracja tkanki poprzez migrację komórek z brzegu łąkotki i mazi stawowej, (c) tkanka po regeneracji przypomina anatomiczną łąkotkę i pełni jej funkcje [21]**

Pierwsza kliniczna próba z zastosowaniem kolagenowego implantu łąkotki została przeprowadzona przez Stone, Steadman, Rodkey i Li [20], którzy opierali się na pozytywnie zakończonych badaniach przeprowadzonych na psach. Dopuszczonych do próby było dziewięciu pacjentów, którzy spełniali kryterium nienaprawialnego uszkodzenia łąkotki lub dużej straty tkanki łąkotki w stabilnym albo ustabilizowanym kolanie. Wyniki trzyletnich obserwacji wykazały, że implant kolagenowy wspomaga regenerację łąkotki. Skafold nie został ani odrzucony, ani nie spowodował intensywnego stanu zapalnego. Szpara stawowa nie uległa zwężeniu według badań radiograficznych.

W Bolonii [6] grupa naukowców przeprowadziła długoterminowe badania, w które było zaangażowanych trzydziestu trzech pacjentów, o średniej wieku 40 lat. Pacjenci zgodnie ze swoim własnym wyborem, byli przyjmowani do grupy badawczej lub kontrolnej. Podczas gdy grupa badawcza była poddawana leczeniu z wykorzystaniem kolagenowego implantu, grupa kontrolna przechodziła zabieg usunięcia łąkotki. Po dziesięcioletniej obserwacji wykazano, że stan zdrowia grupy badawczej znacznie przewyższa stan zdrowia grupy kontrolnej. U pacjentów po implantacji nie zaobserwowano zwężenia szpary stawowej, a sami pacjenci deklarowali mniejsze odczucie bólu w przeciwieństwie do pacjentów po meniscectomii.

W szpitalu uniwersyteckim w Ghent [22] przeprowadzono serię implantacji poliuretanowego skafoldu. Przez dwa lata obserwowano pięćdziesięciu dwóch pacjentów, którym nieregenerowalną część łąkotki zastąpiono skafoldem. Nie zaobserwowano odrzucenia skafoldu. Stan chrząstki na powierzchniach stawowych pozostał stabilny, a nawet poprawiony u ponad 90% pacjentów.





**Rys.7. Alifatyczny poliuretanowy skafold Actifit: (a) warianty dla łąkotek: przyśrodkowej i bocznej, (b) porowata struktura skafoldu [21]**

Inne badania dotyczące poliuretanowego skafoldu zostały przeprowadzone tylko dla łąkotek bocznych [23] i obejmowały pięćdziesięciu czterech pacjentów. W ciągu dwóch lat zaobserwowano bardzo niski wskaźnik niepowodzeń, jedynie 5,5% pacjentów wymagało operacji naprawczej. Nie rozpoznano żadnych efektów ubocznych, a ciągła poprawa była szczególnie wyraźna przez pierwszy rok po zabiegu.

Regeneracja łąkotek w oparciu o skafoldy przynosi obiecujące rezultaty. Głównym wymaganiem do zaklasyfikowania do tego typu zabiegu jest nienaruszony zewnętrzny brzeg łąkotki o grubości minimum 1 mm. Pewną niedogodnością jest też fakt, że skafoldy nie zastępują uszkodzonej tkanki, a jedynie stanowią strukturę wspomagającą regenerację, co skutkuje długim, trwającym od 16 do 24 tygodni okresem rehabilitacji po zabiegu [6,20-23].

## 5. PRZESZCZEPY ALOGENICZNE

Przeszczep alogeniczny jest najlepiej znanym zamiennikiem usuniętej lub silnie uszkodzonej łąkotki. Uważany jest już za operację, a nie próbę kliniczną [19]. Powszechnym przykładem zastosowania jest stabilne kolano po meniscectomii z niewielkim ubytkiem tkanki chrzęstnej na powierzchniach stawowych lub jako zabieg połączony z rekonstrukcją więzadła krzyżowego przedniego dla stawu kolanowego pozbawionego łąkotki anatomicznej.

Te same cechy, które sprawiają, że łąkotka ma słaby potencjał regeneracyjny, czynią ją doskonałą strukturą do przeszczepów. Z powodu unienaczynionego środowiska, łąkotki nie wykazują skłonności do stanów zapalnych i zespolenie naczyniowe nie jest wymagane. Z drugiej strony, techniki mocowania implantu zarówno do tkanki miękkiej, jak i kości mają wysoki wskaźnik niepowodzenia. Dodatkowe ryzyko i ograniczenia związane są ściśle z samym przeszczepem, czyli dostępnością tkanki o właściwym rozmiarze, odrzuceniem przeszczepu i ryzykiem przeniesienia chorób [6,19].

Wyróżniane są następujące rodzaje próbek do przeszczepów: kriokonserwowane, głęboko mrożone, świeże i liofilizowane. Świeże tkanki są najdroższe, ale rzadziej odrzucane w porównaniu do liofilizowanych i głęboko mrożonych. Dodatkowo przeszczepy świeże wspomagają mechaniczne zjednoczenie poprzez żywe komórki. Z drugiej strony komórki biorcy zastępują komórki dawcy, więc określenie najbardziej korzystnego typu przeszczepu jest zależne od konkretnego przypadku.

Interesującym substytutem dla ludzkiej anatomicznej łąkotki mógłby być xenograf, aczkolwiek do chwili obecnej próby są przeprowadzane jedynie na zwłokach i zwierzętach.

Alternatywą mógłby także być implant, który nie wymaga nieuszkodzonego brzegu tkanki, ale jest w stanie całkowicie zastąpić anatomiczną łąkotkę. To zdecydowanie bardziej złożone i wymagające wyzwanie jest nierozwiązane do chwili obecnej, chociaż próby są ciągle przeprowadzane.

Jedno z interesujących badań było przeprowadzone na królikach z użyciem skafoldu PGA-PLGA zasiedlonego komórkami [19]. Podczas sześciu tygodni obserwacji skafold nie wywołał reakcji immunologicznej, ani też nie zaobserwowano jego zniekształcenia,

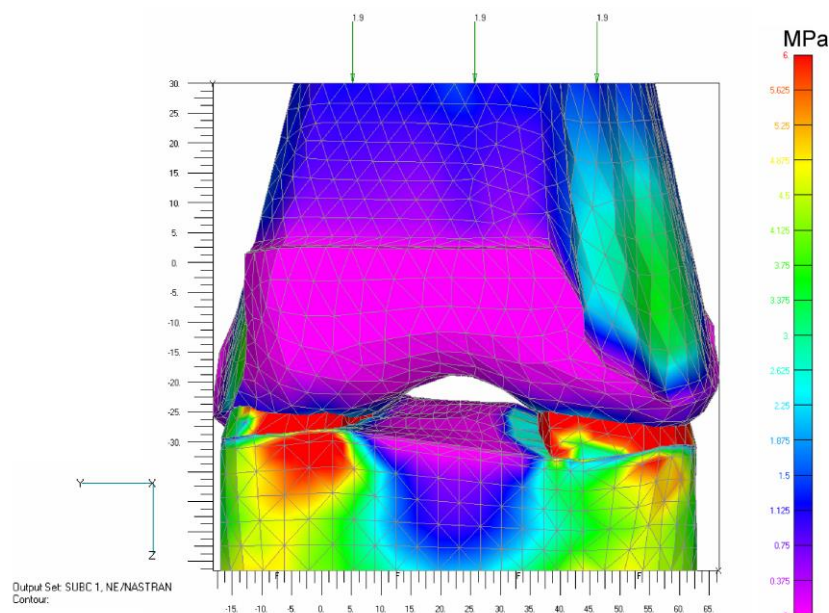
aczkolwiek zauważone zostały uszkodzenia chrząstki stawowej. Innym podejściem były próby z hydrożelem PVA [19], również przeprowadzane na królikach. W przeciwieństwie do implantu PGA-PLGA hydrożel wykazywał potencjał ochrony tkanki chrzęstnej. Kolejne badania obejmowały trzywarstwowy skafold z włóknistych protein jedwabiu, którego zewnętrzną część zasiedlono ludzkimi fibroblastami, a wewnętrzną chondrocytami. Zaprojektowana w ten sposób tkanka wykazywała wysokie podobieństwa do anatomicznej łąkotki w zakresie biochemicznym i biomechanicznym. Nerozwiązanym zagadnieniem jest jednak zapobieganie przed rozwarstwianiem się skafoldu [19].

Próby na zwierzętach są ciągle prowadzone, jednak zanim przeprowadzone zostaną testy kliniczne na ludziach, wymagane są dowody o skuteczności leczenia i braku zagrażających zdrowiu skutków ubocznych.

## 6. OMÓWIENIE

Przez wiele lat uważano łąkotki za struktury zbędne i były one usuwane przy każdym objawie bólu stawu kolanowego. Obecnie wiadomo, że są kluczowym organem dla zapewnienia prawidłowej biomechaniki i fizjologii kolana. Koordynacja ruchów, smarowanie i rozprowadzanie mazi stawowej otwierają długą listę funkcji łąkotek [5,9].

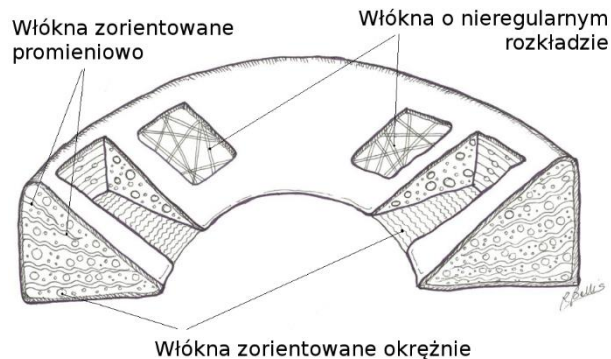
Rola łąkotek w przenoszeniu obciążeń wewnątrz stawu jest niekwestionowana. Udowodniona jest też w badaniach przeprowadzonych przez A.M. Ryniewicz [24]. Podczas tych badań największe naprężenia w stawie kolanowym zostały zaobserwowane w łąkotkach (Rys. 8), co potwierdza ich kluczową rolę w przenoszeniu i amortyzowaniu obciążeń.



**Rys.8. Rozkład zredukowanych naprężeń w modelu prawego stawu kolanowego (widok z przodu) [24]**

Kolejnym wyzwaniem, z jakim mierzą się łąkotki, jest ustanowienie granic dla maksymalnego wyprostowania i zgięcia kolana. Pomimo tego, że łąkotki mają dość duży zakres ruchu podczas pracy kolana, są one stabilnie połączone z innymi elementami stawu. Łąkotka przysródkowa jest przymocowana do kości piszczelowej poprzez więzadła łąkotkowo-piszczelowe, natomiast łąkotka boczna przez więzadła łąkotkowo-udowe do kości udowej. Co więcej, łąkotka przysródkowa jest przyrośnięta do więzadła pobocznego piszczelowego (Rys. 1), a obie łąkotki są połączone między sobą więzadłem poprzecznym kolana. Zewnętrzny brzeg łąkotek połączony jest z torebką stawową [1-3,5,9,25].

Aby poradzić sobie ze zmiennymi, wymagającymi warunkami panującymi w torebce stawowej, łąkotki zostały wyposażone w specjalną, anizotropową strukturę o zróżnicowanym rozkładzie włókien. Na prawie całym przekroju łąkotki włókna zorientowane są promieniowo, poza warstwą dolną, gdzie znajdują się głównie włókna okrężne i górną, w której występują drobne włókna o losowej orientacji (Rys. 9) [19].



**Rys.9. Schemat rozmieszczenia i orientacji włókien w łąkotkach stawu kolanowego [19]**

Jednym z najważniejszych zadań łąkotek jest ochrona tkanki chrzęstnej na powierzchniach stawowych. Jej uszkodzenie skutkuje rozwojem choroby zwyrodnieniowej, a brak objawów we wczesnej fazie, czyni ją jeszcze bardziej niebezpieczną. Możliwe jest jednak jej zdiagnozowanie poprzez metody radiologiczne jak na przykład obrazowanie rezonansem magnetycznym [26-29]. Według Groniewskiego i Krusia [30], choroba zwyrodnieniowa występuje u około 90% populacji w wieku powyżej 40 lat i może być wykryta radiologicznie, ale tylko 10% populacji doświadcza klinicznych objawów: bólu stawów, ich usztywnienia i deformacji. Choroba zwyrodnieniowa rozpoczyna się w warstwie chrzęstnej, która staje się żółta i chropowata. Z biegiem czasu chropowatość wzrasta, tworzą się szczeliny i odrywają fragmenty tkanki chrzęstnej, które pozostając w mazi stawowej powodują stan zapalny. Niepokryta chrząstką tkanka kostna ulega deformacji, przebudowuje się, twardnieje i upodabnia do kości słońowej. Przenoszenie obciążeń jest całkowicie zaburzone, tworzą się wyrośla kostne. Obecnie nie ma żadnej metody leczenia, dlatego też zapobieganie jest tak istotne.

Łąkotki boczna i przyśrodkowa odgrywają kluczową rolę w zapewnieniu stabilności kolana i ochronie chrzęstnych powierzchni stawowych. Z tego powodu konieczne jest ich właściwe i bezpieczne leczenie. Im mniej inwazyjna metoda, tym lepiej. Jeśli to tylko możliwe, poleca się zszycie jako sprawdzoną technikę regeneracji. Dla złożonych uszkodzeń obiecujące rezultaty daje implantacja kolagenowych i poliuretanowych skafoldów, szczególnie w przypadku młodych, aktywnych sportowo osób, do tej pory leczonych poprzez meniscectomię i skazanych na chorobę zwyrodnieniową. Znalezienie skutecznego i dostępnego rozwiązania dla tych, którzy nadal skazani są na całkowite usunięcie łąkotki, byłoby znaczącym postępowaniem i wielkim krokiem w biomechanice naszych czasów.

## LITERATURA

- [1] Sylwanowicz W.: Syndesmologia i artrologia szczegółowa. Więzadła i stawy. W: Krechowicki A., Łasiński W., Narkiewicz O., Sylwanowicz W. (red.): Anatomia człowieka. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa, 1974, s.162-4.
- [2] Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka. Tom 1. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa, 1990, s.587-600.



- [3] Paulsen F., Waschke J. (red), (Wydanie polskie –Woźniak W., Jędrzejewski K.S. (red.)): Sobotta Atlas anatomii człowieka. Ogólne pojęcia anatomiczne. Narządy ruchu. Edra Urban & Partner, Wrocław, 2012, s.278-9.
- [4] Lippert H. (red.), (Wydanie polskie – Aleksandrowicz R. (red.)): Anatomia. Tom 2. Wydawnictwo medyczne Urban & Partner, Wrocław, 1998, s.730-1.
- [5] Widuchowski J.: Kolano. Urazy i obrażenia sportowe. G-KWADRAT s.c., Katowice, 1997, s.29-30,111-125,188-92.
- [6] Zaffagnini S., Marcheggiani Muccioli G.M., Lopomo N., Bruni D., Giordano G., Ravazzolo G. i in.: Prospective long-term outcomes of the medial collagen meniscus implant versus partial medial meniscectomy: a minimum 10-year follow-up study. *Am. J. Sports Med.*, vol. 39, 2011, s.977-85.
- [7] Kozak J., Wośko I.: Kolano. W: Piątkowski S. (red.): Ortopedia, traumatologia i rehabilitacja narządów ruchu. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa, 1990, s.192-205.
- [8] Müller W.: The knee. Form, function, and ligament reconstruction. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1983, s.29-30,99-115.
- [9] Górecki A.: Uszkodzenia łąkotec. W: Górecki A. (red.): Uszkodzenia stawu kolanowego. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2002, s.161-75.
- [10] Hwang Y.G., Kwoh C.K.: The METEOR trial: No rush to repair a torn meniscus. *Cleve. Clin. J. Med.*, vol. 81, 2014, s.226-32.
- [11] Yim J.H., Seon J.K., Song E.K., Choi J.I., Kim M.C., Lee K.B. i in.: A Comparative study of meniscectomy and nonoperative treatment for degenerative horizontal tears of the medial meniscus. *Am. J. Sports Med.*, vol. 41, 2013, s.1565-70.
- [12] Kuś W.: Artroskopia stawu kolanowego. W: Górecki A. (red.): Uszkodzenia stawu kolanowego. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2002, s.98-100.
- [13] Trojani C., Sbihi A., Djian P., Potel J.F., Hulet C., Jouve F. i in.: Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision. *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 19, 2011, s.196-201.
- [14] Grzesiczak A., Wrzosek Z., Chantsoulis M., Ruta J., Sakowski J.: Ocena funkcji stawu kolanowego po przebyłym uszkodzeniu łąkotki przyśrodkowej leczonej metodą artroskopową. *Kwartalnik Ortopedyczny*, vol. 3, 2011, s.235-42.
- [15] Westermann R.W., Wright R.W., Huston L.J., MOON Knee Group, Wolf B.R.: Meniscal repair with concurrent anterior cruciate ligament reconstruction: operative success and patient outcomes at 6-year follow-up. *Am. J. Sports Med.*, vol. 42, 2013, s.2184-92.
- [16] Melton J.T., Murray J.R., Karim A., Pandit H., Wandless F., Thomas N.P.: Meniscal repair in anterior cruciate ligament reconstruction: a long-term outcome study. *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 19, 2011, s.1729-34
- [17] Sabat D.: Arthroscopic meniscus surgery: resect or repair. (Dostęp: 26.03.2016) Dostępny w Internecie: <[http://www.slideshare.net/drdsabat/meniscus-tear-resect-or-repair-2014?utm\\_source=slideshow02&utm\\_medium=ssemail&utm\\_campaign=share\\_slideshow\\_loggedout](http://www.slideshare.net/drdsabat/meniscus-tear-resect-or-repair-2014?utm_source=slideshow02&utm_medium=ssemail&utm_campaign=share_slideshow_loggedout)>
- [18] Järvelä S., Sihvonen R., Sirkeoja H., Järvelä T.: All-inside meniscal repair with bioabsorbable meniscal screws or with bioabsorbable meniscus arrows: a prospective, randomized clinical study with 2-year results. *Am. J. Sports Med.*, vol. 38, 2010, s.2211-7.
- [19] Scotti C., Hirschmann M.T., Antinolfi P., Martin I., Peretti G.M.: Meniscus repair and regeneration: review on current methods and research potential. *Eur. Cell. Mater.*, vol. 26, 2013, s.150-70.
- [20] Stone K.R., Steadman J.R., Rodkey W.G., Li S.T.: Regeneration of meniscal cartilage with use of a collagen scaffold. Analysis of preliminary data. *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 79, 1997, s.1770-7.

- [21] Actifit, Orteq, (Dostęp: 26.03.2016) Dostępny w Internecie: <www.orteq.com>
- [22] Verdonk P., Beaufils P., Bellemans J., Djian P., Heinrichs E.L., Huysse W. i in.: Successful treatment of painful irreparable partial meniscal defects with a polyurethane scaffold: two-year safety and clinical outcomes. *Am. J. Sports Med.*, vol. 40, 2012, s.844-53.
- [23] Bouyarmane H., Beaufils P., Pujol N., Bellemans J., Roberts S., Spalding T. i in.: Polyurethane scaffold in lateral meniscus segmental defects: clinical outcomes at 24 months follow-up. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, vol. 100, 2014, s.153-7.
- [24] Ryniewicz A.M.: Identification, modelling and biotribology of human joints. Wydawnictwa AGH, Kraków, 2011, s.119-31.
- [25] Bertolini R., Leutert G.: Atlas der Anatomie des Menschen. Band I: Arm Und Bein. VEB Georg Thieme Leipzig, Leipzig, 1978, s.209-11.
- [26] Ryniewicz A.M., Ryniewicz A., Zawiejska B., Pasowicz M., Banyś P., Trela F.: The geometrical estimation of the articulation cartilage defect imaged using magnetic resonance. *Chirurgia kolana, artroskopia, traumatologia sportowa*, vol. 2, 2015, s.37-43.
- [27] Gerke J., Ryniewicz A.M., Madej T.: Modeling of lumbag spine equipped with fixator. *Bio-Algorithms Med-Systems*, vol. 11, 2015, s.261-2.
- [28] Ryniewicz A., Ryniewicz A.M., Sładek J., Knapik R.: Pomiary parametrów morfologiczno-czynnościowych stawu kolanowego z wykorzystaniem obrazowania rezonansem magnetycznym. *Pomiary Automatyka Kontrola*, vol. 3, 2013, s.200-3.
- [29] Ryniewicz A., Ryniewicz W., Ryniewicz A.M., Bojko Ł.: Rekonstrukcja ubytków chrząstki kolana do aplikacji skafoldów. *Przegląd elektrotechniczny*, vol. 5, 2014, s.153-6
- [30] Groniowski J., Krus S. (red.): Podstawy patomorfologii. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa, 1984, s.869-70.

## THE KNEE JOINT MENISCI – REGENERATION METHODS

**Abstract:** The knee joint menisci are key structures of the joint. They are responsible for the correct joint performance. Their removal results in irreparable chondral damage. There are a few methods of menisci regeneration, but all of them have some limitation in application regard. Overcoming those limitation and creation an implant, which could substitute the anatomical meniscus, is still on-going, but not yet finalised process.