

LEŚNIAK, Marek, KWIECIŃSKI, Jakub, BŁASZCZYK, Agnieszka, FUSSEK-STYGA, Urszula, TROJAN, Sara, MISZUDA, Sławomir, BASIAGA, Bartosz, BEDNARZ, Krzysztof, SZWEDKOWICZ, Agata & HELUSZKA, Jakub. The potential of amniotic membrane in surgery - current applications. *Quality in Sport*. 2023;13(1):11-17. eISSN 2450-3118. DOI <https://dx.doi.org/10.12775/QS.2023.13.01.001> <https://apcz.umk.pl/QS/article/view/43620>

The journal has had 20 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of December 21, 2021. No. 32582. Has a Journal's Unique Identifier: 201398. Scientific disciplines assigned: Economics and finance (Field of social sciences); Management and Quality Sciences (Field of social sciences). Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 20 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. Lp. 32582. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201398. Przynależność dyscypliny naukowej: Ekonomia i finanse (Dziedzina nauk społecznych); Nauki o zarządzaniu i jakości (Dziedzina nauk społecznych).

© The Authors 2023;

This article is published with open access at License Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author (s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non commercial license Share alike. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 18.04.2023. Revised: 20.04.2023. Accepted: 09.05.2023. Published: 09.05.2023.

Potencjał wykorzystania błon owodniowych w chirurgii - obecne zastosowania

The potential of amniotic membrane in surgery - current applications

Autorzy:

1. Marek Leśniak (5) ORCID: 0009-0008-0720-9997
2. Jakub Kwieciński (1) ORCID: 0009-0003-1219-7138
3. Agnieszka Błaszczuk (1) ORCID: 0009-0004-3460-1514
4. Urszula Fussek-Styga (2) ORCID: 0009-0007-9358-8673
5. Sara Trojan (1) ORCID: 0009-0007-9628-6726
6. Sławomir Miszuda (1) ORCID: 0009-0008-4085-3653
7. Bartosz Basiaga (3) ORCID: 0009-0009-8300-0674
8. Krzysztof Bednarz (3) ORCID: 0000-0002-8910-1697
9. Agata Szwedkiewicz (4) ORCID: 0009-0005-1285-2643
10. Jakub Heluszka (6) ORCID: 0009-0002-6965-8073

1. Zagłębiowskie Centrum Onkologii im. Sz. Starkiewicza w Dąbrowie Górniczej
2. Okręgowy Szpital Kolejowy w Katowicach
3. Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
4. Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie
5. Wojewódzki Szpital Specjalistyczny MEGREZ Sp. z o. o. w Tychach
6. Zespół Zakładów Opieki Zdrowotnej w Cieszynie

Correspondence: Marek Leśniak¹, Jakub Kwieciński², Jakub Heluszka³, Sara Trojan⁴, Agnieszka Błaszczuk⁵, Urszula Fussek-Styga⁶, Sławomir Miszuda⁷, Bartosz Basiaga⁸, Krzysztof Bednarz⁹, Agata Szwedkiewicz¹⁰,

¹ lesniak.marek777@gmail.com

² j.kwiecinski94@gmail.com

³ heluszka.jakub@gmail.com

⁴ saratrojan96@gmail.com

⁵ agnieszka_blaszczuk96@wp.pl

⁶ urszulafussek@gmail.com

⁷ smiszuda@gmail.com

⁸ bartoszbasiaga@gmail.com

⁹ kbednarz9718@gmail.com

¹⁰ szwedkiewiczagata@gmail.com

Abstrakt

Artykuł opisuje potencjalne korzyści i wyzwania związane z wykorzystaniem błon owodniowych w procedurach chirurgicznych. Wykazano, że błony płodowe posiadają właściwości przeciwzapalne, przeciwbakteryjne i zapobiegające powstawaniu blizn, co może pomóc w gojeniu ran i regeneracji tkanek. Mogą być wykorzystywane w różnych procedurach chirurgicznych, w tym w okulistyce, chirurgii plastycznej i ortopedii. Jednakże, użycie błon płodowych wiąże się również z pewnymi ograniczeniami i ryzykiem, takimi jak potencjalne reakcje immunologiczne i transfer chorób. Artykuł przedstawia przegląd obecnej literatury dotyczącej stosowania błon owodniowych w chirurgii oraz omawia implikacje kliniczne i kierunki przyszłych badań. Podsumowując, błona płodowa stanowi obiecującą alternatywę dla tradycyjnych podejść chirurgicznych, ale jej korzyści i ograniczenia muszą być dokładnie rozważone i ocenione w każdym indywidualnym przypadku.

Materialy i metody: Przegląd literatury w serwisach PubMed i Google Scholar.

Słowa kluczowe: Błona owodniowa, łożysko, przeszczep, chirurgia, chirurgia rekonstrukcyjna

Abstract

This article explores the potential benefits and challenges of using the amniotic membrane in surgical procedures. Amniotic membranes have been shown to possess anti-inflammatory, anti-scarring, and antimicrobial properties, which can promote wound healing and tissue regeneration. They can be utilized in a variety of surgical settings, including ophthalmology, plastic surgery, and orthopedics. However, the use of amniotic membranes also poses certain limitations and risks, such as the potential for immune reactions and disease transmission. The article reviews the current literature on amniotic membrane usage in surgery and discusses the clinical implications and future research directions. In summary, the amniotic membrane represents a promising alternative to traditional surgical approaches, but its benefits and limitations must be carefully weighed and assessed in each individual case.

Materials and methods: Literature review of PubMed and Google Scholar

Keywords: Amniotic membrane, placenta, graft, surgery, reconstructive surgery

1. Wstęp

Łożysko jest tkanką pozazarodkową powstałą podczas ciąży. Składa się z kosmówki i błony owodniowej AM (ang. amniotic membrane), która z kolei składa się z kilku warstw, takich jak warstwa komórek nabłonkowych, błona podstawna i warstwa komórek mezenchymalnych. [1] AM zawiera wiele elementów takich jak komórki pluripotencjalne, składniki odżywcze, czynniki wzrostu, białka macierzy pozakomórkowej i cytokiny, co sprawia, że jest doskonałym narzędziem terapeutycznym o właściwościach regeneracyjnych, immunomodulujących, przeciwbólowych, przeciwdrobnoustrojowych, proangiogennych i promujących właściwy wzrost tkanek i ograniczających procesy bliznowacenia. Zastosowania terapeutyczne AM są różnorodne, a mechanizmy działania każdego z nich są różne. Na przykład funkcja immunomodulacyjna wynika z tłumienia cytokin prozapalnych, natomiast działanie ograniczające bliznowacenie wynika z hamowania fibroblastów. Niektóre cząsteczki, działają jako bariera przeciwko drobnoustrojom. Regulacja szlaków i niektóre czynniki wzrostu, mogą zwiększyć perfuzję i gęstość naczyń włosowatych. AM był stosowany do celów terapeutycznych już w 1910 roku przez Johna Davisa w przeszczepach skóry. Później AM była stosowana w różnych stanach klinicznych, takich jak oparzenia, owrzodzenia żyłne, urazy oczu i zrosty macicy. Chirurgiczne leczenie niektórych problemów medycznych jest istotną częścią leczenia wielu pacjentów. Ten artykuł opisuje szeroki zakres zastosowań chirurgicznych AM [2].

2. Budowa i funkcje błony owodniowej

Błona owodniowa to cienka warstwa znajdująca się po wewnętrznej stronie łożyska, która otacza płód. W dojrzałym łożysku AM otacza jamę owodniową, wypełnioną płynem owodniowym. Nie ma naczyń limfatycznych, unerwienia ani mięśni [3]. W początkowej fazie ciąży przetrwanie komórek owodni jest możliwe dzięki kontaktowi tej błony z płynem kosmówkowym z zewnętrznej strony oraz płynem owodniowym od wewnątrz. Ponadto, na powierzchni błony płodowej znajdują się naczynia krwionośne, które umożliwiają wymianę gazową oraz dostarczanie składników odżywczych. Wymienione procesy zachodzą m.in. na drodze

dyfuzji [3,4]. Błona owodniowa składa się z trzech warstw: nabłonka, błony podstawnej i beznaczyniowej warstwy komórek mezenchymalnych. Pojedyncza warstwa komórek nabłonkowych kontaktuje się z płynem owodniowym i jest przytwierdzona do błony podstawnej. Najgłębszą warstwę owodni tworzą mezenchymalne fibroblastopodobne komórki otoczone substancją międzykomórkową. Duża zawartość kolagenu typu III w tej warstwie nadaje jej wytrzymałość. Pozwala to łatwo oddzielić mechanicznie owodnię od kosmówki [1]. W błonie owodniowej można wyróżnić dwie populacje komórek: nabłonkowe komórki owodni (ang. Amnion Epithelial Cells, AEC) oraz mezenchymalne komórki owodni (ang. Amnion Mesenchymal Stromal Cells, AMSC). Komórki nabłonkowe owodni mają na swojej powierzchni mikrokosmki, które prawdopodobnie odpowiadają za aktywne wydzielanie oraz transport na zewnątrz i do wnętrza komórki substancji rozpuszczalnych, wody czy czynników wzrostu. AM zawiera ponad 226 różnych czynników wzrostu, cytokin, inhibitorów proteaz i innych cząsteczek bioaktywnych oraz jest bogaty w kwas hialuronowy, który ułatwia migrację komórek i wykazuje właściwości przeciwzapalne i immunosupresyjne. Te unikalne właściwości sprawiają, że AM może wspierać migrację, różnicowanie i proliferację. Regulują wrastanie naczyń krwionośnych, ograniczają bliznowacenie, działają przeciwdrobnoustrojowo. Z literatury wiadomo, że te składniki zmniejszają stany zapalne, wspierają funkcję komórek i ułatwiają neowaskularyzację [3,5]. W trakcie ciąży błona owodniowa pełni funkcję bariery i zapewnia wolną przestrzeń dla rozwijającego się płodu. Odgrywa również ważną rolę w oddychaniu, odżywianiu i wydalaniu. Zarówno cała błona owodniowa jak i populacje izolowanych z niej komórek są intensywnie badane z myślą o ich wykorzystaniu w przeszczepach i regeneracji narządów. Komórki te mają właściwości przejściowe między pluri- i multipotencjalnymi komórkami [6]. Cechy te powodują, że zarówno błona owodniowa jak i obydwie populacje izolowanych z niej komórek są intensywnie badane z myślą o wykorzystaniu ich w przeszczepach i regeneracji narządów [7]. Komórki pluripotencjalne mają zdolność do różnicowania się w tkanki wywodzące się z trzech listków zarodkowych: endodermy, mezodermy i ektodermy. Komórki wyizolowane z owodni, po przeszczepieniu nie tworzą potworniaków (teratomy), co dodatkowo sprzyja ich wykorzystaniu w medycynie [1,6]. AM jest wyjątkowy ze względu na swoją niską immunogenność, co oznacza, że odrzucenie przeszczepu przez układ odpornościowy gospodarza jest minimalne lub żadne.

3. Pozyskiwanie, przetwarzanie, przechowywanie

AM (ang. amniotic membrane) jest pobierany w ściśle aseptycznych warunkach od dawców poddawanych planowemu cięciu cesarskiemu. Dawcy są wcześniej przebadani pod kątem potencjalnych chorób zakaźnych, takich jak HIV, wirusowe zapalenia wątroby typu B i C oraz kiła. Łóżyska uzyskane drogą natury nie są wykorzystywane do celów medycznych ze względu na możliwość zanieczyszczenia bakteriami z pochwy. Zaleca się, aby dawczynie matki przeszły powtórne badanie serologiczne po 6 miesiącach, przed dopuszczeniem AM do użytku, w celu objęcia okresu okna przenoszenia chorób zakaźnych [8]. Do przemywania łożyska w sterylnych warunkach stosuje się antybiotyki obejmujące zarówno bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne, jak i grzyby. Następnie stosuje się sekcję na tępo w celu oddzielenia owodni od kosmówki. AM może być konserwowana za pomocą kriokonserwacji (kriokonserwowana ludzka błona owodniowa, CHAM - ang. Cryopreserved Human Amniotic Membrane) lub w postaci suchej (sucha ludzka błona owodniowa, DHAM - ang. Dry Human Amniotic Membrane). Błona jest cięta na wiele kawałków i umieszczana na paskach papieru nitrocelulozowego stroną nabłonkową do góry. Następnie umieszcza się ją w fiolkach zawierających pożywkę do przechowywania i poddaje kriokonserwacji w temperaturze -80°C . Bezpośrednio przed użyciem membranę należy wyjąć i ogrzać do temperatury pokojowej przez 10 min. CHAM przechowywany w glicerolu może być bezpiecznie i skutecznie stosowany przez ponad rok [9]. Wadą korzystania z CHAM jest konieczność posiadania lodówki o temperaturze -80°C , co wyklucza jego użycie poza dużymi instytucjami. DHAM nie wymaga mocowania do papieru nitrocelulozowego. DHAM jest przygotowywany poprzez poddanie błony owodniowej sterylizacji za pomocą niskoenergetycznego promieniowania elektronowego, a następnie konserwację za pomocą niskiej temperatury i próżni powietrznej. Można go przechowywać w temperaturze pokojowej przez okres 2-5 lat, a przed użyciem należy go ponownie nawodnić. Wykorzystanie świeżo pozyskanego AM niesie ze sobą pewne ryzyko przeniesienia chorób zakaźnych, ponieważ dawca nie może poddać się powtórny badaniom serologicznym [10].

4. Błona owodniowa w różnych dziedzinach chirurgii

Ginekologia

Błony płodowe są wykorzystywane w chirurgii ginekologicznej w celu pokrycia i zamykania ran pooperacyjnych w trakcie laparoskopowej histerektomii, a także jako materiał wypełniający ubytki w tkankach miękkich podczas rekonstrukcji pochwy i krocza [11]. Stosowane są także w chirurgicznej naprawie przetok pęcherzowo-pochwowych, które powstają w wyniku niedokrwienia i martwicy tkanek po operacji miednicy

mniejszej lub napromieniowaniu. Błony płodowe mogą być także wykorzystywane do wzmacniania mięśni dna miednicy podczas leczenia wysiłkowego nietrzymania moczu u kobiet. Istotne zastosowanie mogą mieć także jako pomoc w leczeniu zespołu Ashermana. Choroba ta objawia się powstawaniem zrostów i zwłóknień w endometrium. Zwłóknienia te leczy się histeroskopowo, jednakże dodatkowo zastosowanie błon owodniowych polepsza regenerację endometrium [3].

Urologia

Błony owodniowe wykorzystywane są w leczeniu pourazowym moczowodów oraz pęcherza moczowego. Najnowsze badania wskazują na możliwość odbudowy urothelium bez bliznowacenia po zabiegach [12]. Obecnie stosowane są także próby rekonstrukcji cewki moczowej za pomocą AM [13].

Ortopedia

Chirurgia rekonstrukcyjna stopy i stawu skokowego wiąże się z kilkoma wyjątkowymi wyzwaniami w opiece pooperacyjnej, a powikłania chirurgiczne mogą obejmować infekcję, rozejście się tkanek, martwicę miejsca nacięcia, obrzęk, zacerwienie, a także silny ból i utratę funkcji [14]. Wykazano, że chirurgia stopy i stawu skokowego wiąże się z wyższym odsetkiem infekcji miejsca operowanego niż inne planowe zabiegi ortopedyczne. Ból pooperacyjny może prowadzić do wydłużenia czasu hospitalizacji, a ograniczenia mobilności pacjenta mogą skutkować zwiększonym ryzykiem wystąpienia choroby zakrzepowo-zatorowej [15]. Dlatego istnieje potrzeba zidentyfikowania i oceny innowacyjnych sposobów zmniejszenia częstości powikłań w chirurgii rekonstrukcyjnej stopy i stawu skokowego. W badaniu klinicznym zatwierdzonym przez Institutional Review Board (IRB) wzięło udział 21 pacjentów poddanych zabiegowi rekonstrukcji tkanek miękkich i kośćcin dolnych. Podczas zamykania rany umieszczono w warstwach głębokich odwodniony alloprzeszczep ludzkiej owodni i kosmówki (dHACA - ang. dehydrated human amnion and chorion allograft). Oceniono powikłania gojenia się ran i zebrano wyniki American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) na podstawie ponad rocznej obserwacji. Statystyki podsumowujące obliczono dla średniego bólu, funkcji i wyrównania. Wynik oceny bólu poprawił się od $10,0 \pm 11,0$ przed leczeniem do $36,7 \pm 4,8$ po leczeniu ($p = 5,0 \times 10^{-5}$). Wynik funkcji przed leczeniem wynosił $18,7 \pm 12,9$, a po leczeniu wzrósł do $38,5 \pm 5,7$ ($p = 5,8 \times 10^{-5}$). Wreszcie, wynik wyrównania przed leczeniem wyniósł $7,1 \pm 4,4$, a po leczeniu $12,4 \pm 2,6$ ($P = 0,001$). Tej poprawie wyników funkcjonalnych towarzyszyły obserwacje kliniczne zmniejszonych powikłań chirurgicznych, w tym brak rozejścia się rany w kohorcie. Wyniki funkcjonalne pacjentów znacznie poprawiły się, co obserwowano również w wynikach badań klinicznych. Badanie to sugeruje, że stosowanie dHACA w chirurgii stopy może być korzystne dla wspomagania gojenia i zmniejszania powikłań przy jednoczesnym wspomaganiu funkcji pooperacyjnych [16].

Okulistyka

Możliwości wykorzystania błon owodniowych w okulistyce są szerokie i z każdym rokiem pojawiają się nowe wskazania. Obecnie AM wykorzystywane są przede wszystkim w zabiegowym leczeniu perforacji rogówek, niegojących się owrzodzeń rogówek, a także w leczeniu spojówek - w terapii guzów spojówek i raków płaskonabłonkowych spojówek, a także w pourazowych rekonstrukcjach spojówek. Błony owodniowe wykorzystywane są także w celu zmniejszenia bliznowacenia po zabiegach stosowanych w terapii jaskry. Możliwości wykorzystania AM stają się coraz większe, a ryzyko powikłań jest stosunkowo niskie. Do najczęstszych powikłań należy transmisja zakażenia bakteryjnego, wirusowego lub grzybiczego z dawcy na biorcę oraz przedwczesna degradacja błony przyczyniająca się do bliznowacenia [10].

Otolaryngologia

Najnowsze badania wskazują na obiecującą możliwość wykorzystania kriokonserwowanej ludzkiej błony owodniowej (CHAM) w rekonstrukcji perforowanych przegród nosowych z możliwością odbudowy błony śluzowej nosa. Wyniki leczenia są obiecujące mimo często występującego niepełnego zamknięcia ubytków przegród [17]. Możliwe jest także zastosowanie w likwidacji zrostów śluzówki nosa. AM wykorzystywane są również w celu zamknięcia ran po resekcji chirurgicznej guzów głowy i szyi, głównie języka i nagłośni. AM stanowi rusztowanie umożliwiające wytworzenie nabłonka i przywrócenie błony śluzowej jamy ustno-gardłowej po zabiegach resekcyjnych w tej okolicy. Po zabiegach na nagłośni obserwowane zmniejszenie ryzyka pooperacyjnego zwężenia krtani [18]. Błony owodniowe znalazły także zastosowanie w chirurgicznym leczeniu perforacji błony bębenkowej o różnej etiologii, o czym pierwsze wzmianki w literaturze są sprzed niemal 70 lat [19].

Dermatologia

W leczeniu chorób skóry wykorzystuje się takie właściwości błony owodniowej jak: właściwości antyadhezyjne, bakteriostatyczne, ochronne w przypadku ran, redukujące ból oraz inicjujące epitelializację. Właściwości te zostały potwierdzone w badaniu prospektywnym u chorych z owrzodzeniem żylnym nóg, w którym obserwowani pacjenci odczuli zmniejszenie bólu. Zaobserwowano także zmniejszenie włóknienia i powstawanie nabłonka w miejscu ran [3,20].

Neurochirurgia

W neurochirurgii urazowej ludzka błona owodniowa może być stosowana jako substytut opony twardej po kraniektomiach oraz w chirurgii kręgosłupa. W badaniach pooperacyjnych pacjenci nie wykazują wycieków płynu mózgowo-rdzeniowego, a w badaniach histopatologicznych stwierdza się nacieki fibrocytów podobny jak przy stosowanym konwencjonalnie przeszczepie powięziowym. Obserwuje się także całkowity zrost graftu z oponą twardą [21].

Chirurgia dziecięca

Najnowsze badania sugerują obiecujące rezultaty w stosowaniu hipersuchych błon owodniowych (HDAM - Hyperdry Amniotic Membrane) w leczeniu rozszczepu podniebienia. Po zabiegach nie obserwowano reakcji alergicznych, stanów zapalnych, krwotoków ani infekcji. W dłuższej obserwacji nie występowały nadmierne zablźnienia lub przykurcze ran [22]. AM stosowane są także w chirurgicznym leczeniu przepuklin oponoworrdzeniowych z dobrym rezultatem [23].

Chirurgia plastyczna

Błona owodniowa wykorzystywana jest w chirurgii plastycznej przede wszystkim w trakcie leczenia ran oparzeniowych. Stanowi ona doskonałe rusztowanie białkowe i kolagenowe, którym można przykryć ranę. Do rusztowania rekrutowane są fibroblasty, co przyczynia się do miejscowego wzrostu tkanki nabłonkowej. Przyspiesza to proces neowaskularyzacji, a to z kolei do wytwarzania ziarniny w ranie. Następuje także rekrutacja komórek stanu zapalnego, co przyczynia się do spowolnienia przyjęcia przeszczepu lub w ostateczności do jego odrzucenia [24]. Badania przeprowadzane na zwierzętach wskazują nowy kierunek możliwości wykorzystania AM w regeneracji nerwów. Użycie AM po uszkodzeniu nerwu twarzonego u szczurów znacznie poprawiło czas i efektywność regeneracji [25].

5. Wnioski

Zastosowanie AM w chirurgii znalazło swoje zastosowanie przede wszystkim w dziedzinie okulistyki oraz leczeniu ran. AM okazuje się być materiałem o wielu możliwych zastosowaniach. Obecnie na rynku dostępne są specjalne opatrunki na ranę lub rusztowania wykonane z AM. Niestety, zastosowanie AM jako materiału nośnego w chirurgicznej rekonstrukcji narządów wewnętrznych np. w przypadku nieszczelności zespolenia, naprawy przetoki, rekonstrukcji cewki moczowej jest obarczone pewnymi ograniczeniami [26]. AM jest mechanicznie niewystarczający i nie być w stanie wytrzymać sił, które występują podczas tego typu zabiegów. Jednakże, rozwój nowych metod polegających na zwiększeniu nośności AM może otworzyć nowe perspektywy w chirurgii rekonstrukcyjnej i przynieść ogromne korzyści dla pacjentów [27]. Wraz z kolejnymi badaniami można coraz lepiej zrozumieć działanie substancji występujących w błonie owodniowej i możliwe będzie coraz szersze zastosowanie AM w różnych dziedzinach chirurgii. Terapeutyczne zastosowanie AM zmieniało się na przestrzeni lat, Wśród zalet AM jest to, że nie generuje odrzucenia graftu i że ulega degradacji kilka dni po umieszczeniu w tkance. AM można stosować w dowolnym celu z zachowaniem pełnego bezpieczeństwa. Informacje dostępne na temat AM sprzyjają generowaniu nowych badań klinicznych oceniających terapeutyczne lub regeneracyjne zastosowania tej tkanki oraz zmniejszenia obecności następstw i jednoczesnej próby poprawy klinicznych, histologicznych, funkcjonalnych lub aspektów estetycznych. W większości badań klinicznych, w których stosowano AM, wykazano pozytywny wpływ po jego zastosowaniu. Wykazano bezpieczeństwo metody i brak działań niepożądanych. AM może stanowić niezbędny element do wykonywania różnych zabiegów chirurgicznych. Opisane wcześniej obszary chirurgiczne tj. ginekologia, urologia, ortopedia, okulistyka, otolaryngologia, dermatologia, neurochirurgia, chirurgia dziecięca, chirurgia plastyczna w których stosowano AM, wykazały skrócenie pooperacyjnego czasu rekonwalescencji, zmniejszenie procesu bliznowacenia, działanie przeciwbólowe, zmniejszenie procesu zapalnego, zmniejszenie nawrotów urazów, mniej infekcji ran i poprawę funkcjonalną.

References

- [1] Toda A., Okabe M., Yoshida T., Nikaido T. (2007). The potential of amniotic membrane/amnion-derived cells for regeneration of various tissues. *J. Pharmacol. Sci.* 105, 215–228. 10.1254/jphs.cr0070034
- [2] Munoz-Torres JR, Martínez-González SB, Lozano-Luján AD, Martínez-Vázquez MC, Velasco-Elizondo P, Garza-Veloz I, Martínez-Fierro ML. Biological properties and surgical applications of the human amniotic membrane. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023 Jan 9;10:1067480. doi: 10.3389/fbioe.2022.1067480. PMID: 36698632; PMCID: PMC9868191
- [3] Mamede AC, Carvalho MJ, Abrantes AM, Laranjo M, Maia CJ, Botelho MF. Amniotic membrane: from structure and functions to clinical applications. *Cell Tissue Res.* 2012 May 18.
- [4] Bartel H, Embriologia, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2010
- [5] Ilancheran S, Moodley Y, Manuelpillai U. Human fetal membranes: a source of stem cells for tissue regeneration and repair? *Placenta.* 2009;30(1):2-10.
- [6] Pappa KI, Anagnou NP. Novel sources of fetal stem cells: where do they fit on the developmental continuum? *Regen Med.* 2009; 4: 423-433
- [7] Grzywocz Z, Gawryluk A, Noszczyk B. Amniotic membrane: structure, functions and use in regenerative medicine. *Tom 39 2012 NR 4 (637–652)*
- [8] Dua HS, Azuara-Blanco A. Amniotic membrane transplantation. *Br J Ophthalmol.* 1999; 83:748-752
- [9] Maral T, Borman H, Arslan H, Demirhan B, Akinbingol G, Haberal M. Effectiveness of human amnion preserved long-term in glycerol as a temporary biological dressing. *Burns.* 1999; 25:625-635
- [10] Malhotra C, Jain AK. Human amniotic membrane transplantation: Different modalities of its use in ophthalmology. *World J Transplant* 2014; 4(2): 111-121 [PMID: 25032100 DOI: 10.5500/wjt.v4.i2.111].
- [11] Lei, Z., Yang, Y., Feng, W., Wu, X., Jiang, X., Shi, H., ... & Qin, X. (2018). The clinical effect of using amniotic membrane in repairing pelvic floor muscle injury after delivery. *Journal of minimally invasive gynecology*, 25(5), 846-852
- [12] Jerman UD, Veranič P, Kreft ME. Amniotic membrane scaffolds enable the development of tissue-engineered urothelium with molecular and ultrastructural properties comparable to that of native urothelium. *Tissue Eng Part C Methods.* 2014; 20:317-327
- [13] Adamowicz J, Van Breda S, Tyloch D, Pokrywczynska M, Drewa T. Application of amniotic membrane in reconstructive urology; the promising biomaterial worth further investigation. *Expert Opin Biol Ther.* 2019 Jan;19(1):9-24. doi: 10.1080/14712598.2019.1556255. Epub 2018 Dec 17. PMID: 30521409.
- [14] Wiewiorski M, Barg A, Hoerterer H, Voellmy T, Henninger HB, Valderrabano V. Risk factors for wound complications in patients after elective orthopedic foot and ankle surgery. *Foot Ankle Int.* 2015;36(5):479-487.
- [15] Adamson P, Peters W, Janney C, Panchbhavi V. The safety of foot and ankle procedures at an ambulatory surgery center. *J Orthop.* 2020;1(21):203-206.
- [16] Tackitt JZ, Rasor Z, Adams J, Driver G, Shannon L, Hudzinski S, Carter MJ, Isaac AL, Zelen CM. Wound repair, safety, and functional outcomes in reconstructive lower extremity foot and ankle surgery using a dehydrated amnion/chorion allograft membrane. *Int Wound J.* 2022 Dec;19(8):2062-2070. doi: 10.1111/iwj.13809. Epub 2022 Apr 3. PMID: 35373506; PMCID: PMC9705161.
- [17] Farhadi Shabestari F, Khorshidi Khiavi R, Hashemi M, Abdollahzadeh Baghaei T. Surgical Repair of Nasal Septal Perforation by Mucosal Rotational Flap and Interposition of Cryopreserved Amniotic Membrane. *J Dent (Shiraz).* 2022 Sep;23(3):278-283. doi: 10.30476/DENTJODS.2021.90431.1489. PMID: 36506879; PMCID: PMC9719601

- [18] Khademi B, Bahranifard H, Azarpira N, Behboodi E. Clinical application of amniotic membrane as a biologic dressing in oral cavity and pharyngeal defects after tumor resection. *Arch Iran Med.* 2013 Sep;16(9):503-6. PMID: 23981151
- [19] SCHRIMPF WJ. Repair of tympanic membrane perforations with human amniotic membrane; report of fifty-three cases. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1954 Mar;63(1):101-15. doi: 10.1177/000348945406300109. PMID: 13149030.
- [20] Mermet I, Pottier N, Sainthillier J, Malugani C, Cairey-Remonnay S, Maddens S, Riethmuller D, Tiberghien P, Humbert P, Aubin F. Use of amniotic membrane transplantation in the treatment of venous leg ulcers. *Wound Repair Regen* 2007; 15: 459-464
- [21] Shah Z, Bakhshi SK, Bajwa MH, Khalil M, Dewan MC, Shamim SM. Human amniotic membrane as a dural substitute in neurosurgery: A systematic review. *Surg Neurol Int.* 2022 Nov 4; 13:505. doi: 10.25259/SNI_794_2022. PMID: 36447853; PMCID: PMC9699878.
- [22] Fujiwara K, Tsuno H, Okabe M, et al. Clinical Application of Hyperdry Amniotic Membrane in Cleft Palate Repair. *The Cleft Palate Craniofacial Journal.* 2022;0(0). doi:10.1177/10556656221075937
- [23] Marton E, Giordan E, Gioffrè G, Canova G, Paolin A, Mazzucco MG, Longatti P. Homologous cryopreserved amniotic membrane in the repair of myelomeningocele: preliminary experience. *Acta Neurochir (Wien).* 2018 Aug;160(8):1625-1631. doi: 10.1007/s00701-018-3577-x. Epub 2018 Jun 1. PMID: 29858946.
- [24] Hatzfeld AS, Pasquesoone L, Germain N, Danzé PM, Drucbert AS, Tardivel M, Bongiovanni A, Duquennoy-Martinot V, Guerreschi P, Marchetti P. Benefits of cryopreserved human amniotic membranes in association with conventional treatments in the management of full-thickness burns. *Int Wound J.* 2019 Dec;16(6):1354-1364. doi: 10.1111/iwj.13198. Epub 2019 Aug 19. PMID: 31429202; PMCID: PMC7949321
- [25] Karaman M, Tuncel A, Sheidaei S, Senol MG, Karabulut MH, Deveci I, Karaman N. Amniotic membrane covering for facial nerve repair. *Neural Regen Res.* 2013 Apr 15;8(11):975-82. doi: 10.3969/j.issn.1673-5374.2013.11.002. PMID: 25206390; PMCID: PMC4145884.
- [26] George, A. K., et al. "Amnion and chorion membranes for root coverage procedures: An in vitro evaluation of its physical characteristics." *Periodontics Prosthodont* 4.02 (2018): 12-16.
- [27] Maljaars LP, Guler Z, Roovers JWR, Bezuidenhout D. Mechanical reinforcement of amniotic membranes for vesicovaginal fistula repair. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2023 Mar; 139:105680. doi: 10.1016/j.jmbbm.2023.105680. Epub 2023 Jan 13. PMID: 36701851.