

Как источники коллагена биоматериалы с высоким его содержанием (например, сухожилия, тела гидробионтов и др.) имеют очевидные преимущества (Kim et al., 2020; Куликова и др., 2024). Коллаген, извлеченный методами гидролитического расщепления тканей, обладает оптимальными параметрами гелеобразования (Kim et al., 2020; Исаева и др., 2021; Kafili et al., 2024). Высушенную ткань амниона, содержащую биологически-активные вещества, целесообразнее использовать в качестве дополнительного компонента (Rahman et al., 2019; Murphy et al., 2020; Jhumi et al., 2023). Тем не менее и в этом случае возможны сложности. Так, добавление порошкообразного амниона к коллагеновому концентрату ухудшает параметры его гелеобразования (Lee et al., 2020). Использование экстрактов или микронизированных форм ткани амниона является возможной альтернативой решению данных проблем (Murphy et al., 2020; Elkhennany et al., 2022; Li et al., 2022; Heidari et al., 2023).

Для создания тканевых эквивалентов необходимой высоты и прочности зачастую невозможно обойтись без использования поддерживающих материалов и/или последующего сшивания коллагена, что может негативно отразиться на биосовместимости (Stepanovska et al., 2021). Для снижения цитотоксического эффекта при таком виде обработки использование компонентов амниона также может быть оправдано (Deus et al., 2022; Kafili et al., 2023; Bakhtiar et al., 2023). Еще одним возможным вариантом амниона для его применения может быть его высушенная и/или измельченная форма в качестве непосредственно контактирующего с тканями реципиента слоя на формообразующем каркасе (Chen et al., 2018; Peng et al., 2020; Lei et al., 2020; Zhang et al., 2021; Comperat et al., 2023). Плотное прилегание к раневой поверхности способствует уменьшению боли и вторичной альтерации и инфицирования, снижая вероятность гипертрофического рубцевания. Функциональная активность амниона, контактирующего с поврежденной тканью, ускоряет образование грануляционной ткани и естественное очищение от некротизированных тканей посредством фагоцитоза с максимальной эффективностью (Ragazzo et al., 2022; Sacco et al., 2023; Nussein et al., 2025).

Использование клеточных сфероидов для трехмерной биопечати оправдано, поскольку при внесении клеточной массы в таком виде в гидрогель создаются оптимальные условия гелеобразования каркасного материала, а также необходимый уровень межклеточного взаимодействия (Лазарев и др., 2021; Stepanovska et al., 2021; Кораблев

и др., 2023). Мы не обнаружили цитотоксического действия лиофилизированного амниона на образование, рост и жизнеспособность сфероидов из ФМК *in vitro*. Оценка биосовместимости амниона *in vivo* при подкожной, внутримышечной и внутрикостной имплантации лабораторным животным в наших экспериментах также показала отсутствие воспаления, нагноения и отторжения даже при повторных имплантациях.

В отличие от других тканей, амнион обладает преимуществами для использования в тканевой инженерии благодаря его противовоспалительным свойствам, неоднократно подтвержденным. Клетки амниотического эпителия и стромального слоя экспрессируют лейкоцитарные антигены человека (HLA) класса I, что определяет способность вызывать гуморальный и/или клеточно-опосредованный иммунный ответ у реципиента. Экспрессия HLA класса II клетками амниона значительно снижена (Magatti et al., 2018). А секреция клетками амниотического эпителия таких факторов, как HLA класса G (HLA-G), интерлейкин-10, TGFβ, фактор роста гепатоцитов, простагландин E2 и индолеамин-2,3-диоксигеназа, антагонист рецепторов интерлейкина-1, может участвовать в возникновении иммунологической толерантности (Silini et al., 2017; Koelink et al., 2020; Elkhennany et al., 2022). Связывание HLA-G с рецепторами на поверхности лимфоцитов, моноцитов или дендритных клеток реципиента ингибирует их пролиферацию и секрецию иммуноглобулина, ослабляет их врожденную цитотоксичность (Srinivasan et al., 2020; Wassmer, Berishvili, 2020). Эндостатин, альфа-1-антитрипсин, лизоцим, рибонуклеазы, бета-дефензины, кателицидин, ингибиторы эластазы, содержащиеся в биоматериале амниона, могут быть связаны с проявлением антибактериальных эффектов его применения. Кроме того, такие компоненты амниона, как лактоферрин и гиалуроновая кислота, также способствуют его противовоспалительному и антибактериальному действию (Zare-Bidaki et al., 2017).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Амнион имеет долгую историю использования в биомедицинских исследованиях и применения его для лечения повреждений тканей и коррекции различных заболеваний. Высушенная форма амниона является удобной для последующей обработки с целью использования сохраняющихся в нем биологически-активных компонентов, предназначенных для нужд тканевой инженерии, регенеративной медицины и трехмерной биопечати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовиков А. С., Безушко А. В., Куликов А. Н., Чурашов С. В., Черныш В. Ф., Блинова М. И., Александрова О. И., Суетов А. А., Гаврилюк И. О. 2017. О применении культивированных на амниотической мембране стволовых клеток роговичного эпителия для устранения лимбальной недостаточности в эксперименте. Практическая медицина. Т. 2. № 9. С. 67. (Dubovikov A. S., Bezushko A. V., Kulikov A. N., Churashov S. V., Chernysh V. F., Blinova M. I., Aleksandrova O. I., Suetov A. A., Gavrilyuk I. O. 2017. On using the corneal epithelial stem cells cultured on the amniotic membrane for limbal stem cell deficiency treatment in an experiment. Practical Med. V. 2. No. 9. P. 67.)

2. *Игнатъева Н. Ю., Данилов Н. А., Аверкиев С. В., Обрезкова М. В., Лунин В. В., Соболев Э. Н.* 2007. Определение гидроксипролина в тканях и оценка содержания в них коллагена. Журнал аналитической химии. Т. 62. № 1. С. 59. (*Lazarev P. E., Mogileva A. S., Nekrasov M. S., Purveev S. S., Lebedenko E. A., Karabasova Y. O., Glushakov R. I.* 2021. Stem cells from tooth pulp: immunophenotypic characteristics and differentiation. FORCIPE. V. 4. No. 1. P. 26.)
3. *Исаева Е. В., Бекетов Е. Е., Южаков В. В., Аргучинская Н. В., Кисель А. А., Малахов Е. П., Лагода Т. С., Яковлева Н. Д., Шегай П. В., Иванов С. А., Каприн А. Д.* 2021. Использование коллагена высокой концентрации в тканевой инженерии хряща методом трехмерной биопечати. Цитология. Т. 63. № 3. С. 260. (*Isaeva E. V., Beketov E. E., Yuzhakov V. V., Arguchinskaya N. V., Kisel A. A., Malakhov E. P., Lagoda T. S., Ykovleva N. D., Shegai P. V., Ivanov S. A., Kaprin A. D.* 2021. The use of collagen in a high concentration for the engineering of cartilage tissue with 3D-bioprinting. Tsitologiya (Russ.). V. 63. No. 3. P. 260.)
<https://doi.org/10.31857/S0041377121030056>
4. *Кораблев Р. В., Васильев А. Г., Тапильская Н. И., Рыжов Ю. Р., Эмиргаев З. К., Пюрвеев С. С., Брус Т. В., Таминкина Ю. А., Прохорычева А. А.* 2023. Механизмы миграции мезенхимных стволовых клеток и возможные стратегии их улучшения. Российские биомедицинские исследования. Т. 8. № 4. С. 45. (*Korablev R. V., Vasiliev A. G., Tapil'skaya N. I., Ryzhov J. R., Emirgaev Z. K., Pyurveev S. S., Brus T. V., Taminkina Y. A., Prokhorycheva A. A.* 2023. Mesenchymal stem cells migration mechanisms and possible strategies for their improvement. Russ. Biomed. Res. V. 2. No. 4. P. 45.)
<https://doi.org/10.56871/RBR.2023.12.54.006>
5. *Косова Д. А., Александров Л. С., Ищенко А. И., Трифонова Н. С., Никонов А. П., Лаврентьева К. И., Агеев М. Б., Федорова Е. В., Люндуп А. В., Жолобова М. Н., Беришвили М. В., Проклова Г. Ф., Землина Н. С., Науменко Н. С.* 2023. Применение амниотических оболочек в клинической медицине. Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. Т. 22. № 5. С. 69. (*Kosova D. A., Aleksandrov L. S., Ischenko A. I., Trifonova N. S., Nikonov A. P., Lavrentyeva K. I., Ageev M. B., Fedorova E. V., Lyundup A. V., Zholobova M. N., Berishvili M. V., Proklova G. F., Zemlina N. S., Naumenko N. S.* 2023. Application of amniotic membranes in clinical medicine. Gynecol. Obstetrics Perinatol. V. 22. No. 5. P. 69.)
<https://doi.org/10.20953/1726-1678-2023-5-69-78>
6. *Крылова Т. А., Кольцова А. М., Зенин В. В., Мусорина А. С., Яковлева Т. К., Полянская Г. Г.* 2012. Сравнительные характеристики новых линий мезенхимных стволовых клеток, полученных из эмбриональных стволовых клеток, костного мозга и крайней плоти человека. Цитология. Т. 54. № 1. С. 5. (*Krylova T. A., Koltsova A. M., Zenin V. V., Musorina A. S., Yakovleva T. K., Poljanskaya G. G.* 2012. Comparative characteristics of new mesenchymal stem cell lines derived from human embryonic stem cells, bone marrow and foreskin. Tsitologiya (Russ.). V. 54. No. 1. P. 5.)
7. *Куликова Ю. В., Сухих С. А., Бабич О. О.* 2024. Методы экстракции морского коллагена для решения задач регенеративной медицины. Регенерация органов и тканей. Т. 1. № 2. С. 29. (*Kulikova Yu. V., Sukhikh S. A., Babich O. O.* 2024. Marine collagen extraction methods for solving regenerative medicine problems. Tiss. Organ Regeneration. V. 1. No. 2. P. 29.)
<https://doi.org/10.60043/2949-5938-2024-1-29-45>
8. *Лазарев П. Э., Могилева А. С., Некрасов М. С., Пюрвеев С. С., Лебеденко Е. А., Карabasова Я. О., Глушаков Р. И.* 2021. Стволовые клетки из пульпы зуба: иммунофенотипическая характеристика и дифференцировка. FORCIPE. Т. 4. No. 1. С. 26.
9. *Abaci A., Guvendiren M.* 2020. Designing decellularized extracellular matrix-based bioinks for 3D bioprinting. Adv. Healthc. Mater. V. 24. Art. ID: 2000734.
<https://doi.org/10.1002/adhm.202000734>
10. *Arki M. K., Moeinabadi-Bidgoli K., Hossein-Khannazer N., Gramignoli R., Najimi M., Vosough M.* 2023. Amniotic membrane and its derivatives: novel therapeutic modalities in liver disorders. Cells. V. 12. Art. ID: 2114.
<https://doi.org/10.3390/cells12162114>
11. *Bakhtiar H., Mousavi M. R., Rajabi S., Pezeshki-Modaress M., Ayati A., Ashoori A., Ellini M. R., Baaji K., Kamali A., Abediasl Z., Azarpazhooh A., Kishen A.* 2023. Fabrication and characterization of a novel injectable human amniotic membrane hydrogel for dentin-pulp complex regeneration. Dent. Mater. V. 39. P. 718.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.06.008>
12. *Bhattacharjee M., Escobar Ivirico J. L., Kan H.-M., Shah S., Otsuka T., Bordett R., Barajaa M., Nagiah N., Pandey R., Nair L. S., Laurencin C. T.* 2022. Injectable amnion hydrogel-mediated delivery of adipose-derived stem cells for osteoarthritis treatment. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. V. 4. Art. ID: e2120968119.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2120968119>

13. *Comperat L., Chagot L., Massot S., Stachowicz M. L., Dusserre N., Médina C., Desigaux T., Dupuy J.-W., Fricain J.-C., Oliveira H.* 2023. Harnessing human placental membrane-derived bioinks: characterization and applications in bioprinting and vasculogenesis. *Adv. Healthc. Mater.* V. 13. Art. ID: e2303370.
<https://doi.org/10.1002/adhm.202303370>
14. *Chen X., Sun J., Li X., Mao L., Zhou Y., Cui L., Bai W.* 2018. Antifibrotic effects of decellularized and lyophilized human amniotic membrane transplant on the formation of intrauterine adhesion. *Exp. Clin. Transplant. Official J. Middle East Soc. Organ Transplant.* V. 17. P. 236.
<https://doi.org/10.6002/ect.2017.0284>
15. *Deus I. A., Santos S. C., Custódio C. A., Mano J. F.* 2022. Designing highly customizable human based platforms for cell culture using proteins from the amniotic membrane. *Biomater. Adv.* V. 134. Art. ID: 112574.
<https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112574>
16. *Dominici M., Le Blanc K., Mueller I., Slaper-Cortenbach I., Marini F., Krause D., Deans R., Keating A., Prockop Dj., Horwitz E.* 2006. Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells. The International Society for Cellular Therapy position statement. *Cytotherapy.* V. 8. P. 315.
<https://doi.org/10.1080/14653240600855905>
17. *Elkhenany H., El-Derby A., Abd Elkodous M., Salah R. A., Lotfy A., El-Badri N.* 2022. Applications of the amniotic membrane in tissue engineering and regeneration: the hundred-year challenge. *Stem Cell Res. Ther.* V. 13. Art. ID: 8.
<https://doi.org/10.1186/s13287-021-02684-0>
18. *Fitriani N., Wilar G., Narsa A. C., Mohammed A. F., Wathoni N.* 2023. Application of amniotic membrane in skin regeneration. *Pharmaceutics.* V. 15. Art. ID: 748.
<https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15030748>
19. *Gan L., Duan H., Sun F. Q., Xu Q., Tang Y. Q., Wang S.* 2017. Efficacy of freeze-dried amnion graft following hysteroscopic adhesiolysis of severe intrauterine adhesions. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* V. 137. P. 116—122.
<https://doi.org/10.1002/ijgo.12112>
20. *Gaharwar A. K., Singh I., Khademhosseini A.* 2020. Engineered biomaterials for in situ tissue regeneration. *Nat. Rev. Mater.* V. 5. P. 686.
<https://doi.org/10.1038/s41578-020-0209-x>
21. *Galvez P., Ahmed Omar N., Siadous R., Durand M., Comperat L., Lafarge X., Gindraux F., Sentilhes L., Fricain J. C., L'Heureux N., Fenelon M.* 2025. In vitro and in vivo assessment of a new acellular human amnion/chorion membrane device for guided bone regeneration. *Sci Rep.* V. 15. Art. ID: 5483.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-88814-7>
22. *Gholipourmalekabadi M., Farhadhosseinabadi B., Faraji M., Nourani M. R.* 2020. How preparation and preservation procedures affect the properties of amniotic membrane? How safe are the procedures? *Burns.* V. 46. P. 1254.
<https://doi.org/10.1016/j.burns.2019.07.005>
23. *Haghshenas M., Tavana S., Zand E., Montazeri L., Fathi R.* 2022. Mouse ovarian follicle growth in an amniotic membrane-based hydrogel. *J. Biomater. Appl.* V. 37. P. 563.
<https://doi.org/10.1177/08853282221094193>
24. *Heidari F., Saadatmand M., Simorgh S.* 2023. Directly coaxial bioprinting of 3D vascularized tissue using novel bioink based on decellularized human amniotic membrane. *Int. J. Biol. Macromol.* V. 253. Art. ID: 127041.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127041>
25. *Horn A., Saller J., Cuttica D., Neufeld S.* 2019. Review of use of amniotic membrane allograft in total ankle replacements. *Foot ankle orthopaedics.* V. 4. Art. ID: 2473011419S0022.
<https://doi.org/10.1177/2473011419S0022>
26. *Hussein K. H., Motiea E., Hussein M. T.* 2025. Efficacy of xenogeneic fresh and lyophilized amniotic membranes on the healing of experimentally induced full-thickness skin wounds in dogs. *Sci Rep.* V. 15. Art. ID: 15605.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-95023-9>
27. *Jahanafrooz Z., Bakhshandeh B., Behnam Abdollahi S., Seyedjafari E.* 2023. Human amniotic membrane as a multi-functional biomaterial: recent advances and applications. *J. Biomater. Appl.* V. 37. P. 1341—1354.
<https://doi.org/10.1177/08853282221137609>
28. *Jirsova K., Jones G. L. A.* 2017. Amniotic membrane in ophthalmology: properties, preparation, storage and indications for grafting – a review. *Cell Tissue Bank.* V. 18. P. 193—204.
<https://doi.org/10.1007/s10561-017-9618-5>

29. *Jhumi I. J., Arafat T.-A., Karmakar P. C., Arifuzzaman M., Hossain M. S., Akhtar N., Asaduzzaman S. M.* 2023. Silver nanoparticle incorporated human amniotic membrane gel accelerates second-degree burn wound healing in wister rat. Evidence-Based Complementary Altern. Med. Art. ID: 9808556. <https://doi.org/10.1155/2023/9808556>
30. *Kafili G., Niknejad H., Tamjid E., Simchi A.* 2024. Amnion-derived hydrogels as a versatile platform for regenerative therapy: from lab to market. Front. Bioeng. Biotechnol. V. 12. Art. ID: 1358977. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1358977>
31. *Kafili G., Tamjid E., Niknejad H., Simchi A.* 2023. Development of printable nanoengineered composite hydrogels based on human amniotic membrane for wound healing application. J. Mater. Sci. V. 58. Art. ID: 12351. <https://doi.org/10.1007/s10853-023-08783-y>
32. *Kim B. S., Das S., Jang J., Cho D.-W.* 2020. Decellularized extracellular matrix-based bioinks for engineering tissue- and organ-specific microenvironments. Chem. Rev. (Washington, DC, U.S.). V. 120. P. 10608. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00808>
33. *Koelink P. J., Bloemendaal F. M., Li B., Westera L., Vogels E. W., van Roest M., Gloudemans A. K., van't Wout A. B., Korf H., Vermeire S., Te Velde A. A., Ponsioen C. Y., D'Haens G. R., Verbeek J. S., Geiger T. L. et al.* 2020. Anti-TNF therapy in IBD exerts its therapeutic effect through macrophage IL-10 signalling. Gut. V. 69. P. 1053. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2019-318264>
34. *Lacorzana J.* 2020. Amniotic membrane, clinical applications and tissue engineering. Review of its ophthalmic use. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. (English Ed.). V. 95. P. 15. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2019.09.008>
35. *Lee S. Y., Shin J. E., Kwon H., Choi D. H., Kim J. H.* 2020. Effect of autologous adipose-derived stromal vascular fraction transplantation on endometrial regeneration in patients of Asherman's syndrome: a pilot study. Reprod. Sci. V. 27. P. 561. <https://doi.org/10.1007/s43032-019-00055-y>
36. *Lei X., Wu Y., Peng X., Zhao Y., Zhou X., Yu X.* 2020. Research on alginate-polyacrylamide enhanced amnion hydrogel, a potential vascular substitute material. Mater. Sci. Eng. V. 115. Art. ID: 111145. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111145>
37. *Li X., Li P., Wang C., Shang T., Han H., Tong Y., Kang Y., Fang J., Cui L.* 2022. A thermo-sensitive and injectable hydrogel derived from a decellularized amniotic membrane to prevent intrauterine adhesion by accelerating endometrium regeneration. Biomaterials Sci. V. 9. P. 2275. <https://doi.org/10.1039/D1BM01791H>
38. *Magatti M., Vertua E., Cargnoni A., Silini A., Parolini O.* 2018. The immunomodulatory properties of amniotic cells: the two sides of the coin. Cell Transplantat. V. 27. P. 31. <https://doi.org/10.1177/0963689717742819>
39. *Marsit N., Dwejen S., Saad I., Abdalla S., Shaab A., Salem S., Khanfas E., Hasan A., Mansur M., Abdul Sammad M.* 2014. Substantiation of 25 kGy radiation sterilization dose for banked air dried amniotic membrane and evaluation of personnel skill in influencing finished product bioburden. Cell Tissue Bank. V. 15. P. 603. <https://doi.org/10.1007/s10561-014-9433-1>
40. *Milan P. B., Amini N., Joghataei M. T., Ebrahimi L., Amoupour M., Sarveazad A., Kargozar S., Mozafari M.* 2020. Decellularized human amniotic membrane: from animal models to clinical trials. Methods. V. 171. P. 11. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2019.07.018>
41. *Munoz-Torres J.R., Martinez-Gonzalez S.B., Lozano-Lujan A.D., Martinez-Vazquez M.C., Velasco-Elizondo P., Garza-Veloz I., Martinez-Fierro M.L.* 2023. Biological properties and surgical applications of the human amniotic membrane. Front. Bioeng. Biotechnol. V. 10. Art. ID: 1067480. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1067480>
42. *Murphy S. V., Skardal A., Nelson R. A., Jr, Sunnon K., Reid T., Clouse C., Kock N. D., Jackson J., Soker S., Atala A.* 2020. Amnion membrane hydrogel and amnion membrane powder accelerate wound healing in a full thickness porcine skin wound model. Stem cells Transl. Med. V. 9. P. 80. <https://doi.org/10.1002/sctm.19-0101>
43. *Peng X., Wang X., Cheng C., Zhou X., Gu Z., Li L., Liu J., Yu X.* 2020. Bioinspired, artificial, small-diameter vascular grafts with selective and rapid endothelialization based on an amniotic membrane-derived hydrogel. ACS Biomaterials Sci. Eng. V. 6. P. 1603. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.9b01493>

44. *Rahman, M. S., Islam, R., Rana, M. M., Spitzhorn L.-S., Rahman M. S., Adjaye J., Asaduzzaman S. M.* 2019. Characterization of burn wound healing gel prepared from human amniotic membrane and Aloe vera extract. *BMC Complementary Altern. Med.* V. 19. Art. ID: 115.
<https://doi.org/10.1186/s12906-019-2525-5>
45. *Ragazzo M., Val M., Montagner G., Trojan D., Fusetti S., Guarda Nardini L.* 2022. Human amniotic membrane: an improvement in the treatment of medication-related osteonecrosis of the jaw (MRONJ)? A case-control study. *Cell Tissue Bank.* V. 23. P. 129.
<https://doi.org/10.1007/s10561-021-09922-y>
46. *Russo A., Bonci P., Bonci P.* 2012. The effects of different preservation processes on the total protein and growth factor content in a new biological product developed from human amniotic membrane. *Cell Tissue Bank.* V. 13. P. 353.
<https://doi.org/10.1007/s10561-011-9261-5>
47. *Sacco R., Akintola O., Sacco N., Acocella A., Calasans-Maia M.D., Maranzano M., Olate S.* 2023. The use of human amniotic membrane (hAM) as a treatment strategy of medication-related osteonecrosis of the jaw (MRONJ): a systematic review and meta-analysis of the literature. *medicina (Kaunas).* V. 59. Art. ID: 968.
<https://doi.org/10.3390/medicina59050968>
48. *Sasikumar S., Chameettachal S., Cromer B., Pati F., Kingshott P.* 2019. Decellularized extracellular matrix hydrogels—cell behavior as a function of matrix stiffness. *Curr. Opin. Biomed. Eng.* V. 10. P. 123.
<https://doi.org/10.1016/j.cobme.2019.05.002>
49. *Silini A. R., Magatti M., Cargnoni A., Parolini O.* 2017. Is immune modulation the mechanism underlying the beneficial effects of amniotic cells and their derivatives in regenerative medicine? *Cell Transplantation.* V. 26. P. 531.
<https://doi.org/10.3727/096368916X693699>
50. *Srinivasan R. C., Strom S. C., Gramignoli R.* 2020. Effects of cryogenic storage on human amnion epithelial cells. *Cells.* V. 9. Art. ID: 1696.
<https://doi.org/10.3390/cells9071696>
51. *Stepanovska J., Supova M., Hanzalek K., Broz A., Matejka R.* 2021. Collagen bioinks for bioprinting: a systematic review of hydrogel properties, bioprinting parameters, protocols, and bioprinted structure characteristics. *Biomedicines.* V. 9. Art. ID: 1137.
<https://doi.org/10.3390/biomedicines9091137>
52. *Tan Y., Wang W., Xu L., Zhou X., Shen J., Zhou T., Duan C., Wang X., Liu Z., Wang M., Li G.* 2025. Decellularized human amniotic member hydrogel promotes limbal stem cells proliferation. *Colloids Surf B Biointerfaces.* V. 252. Art. ID: 114656.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2025.114656>
53. *Wassmer C.-H., Berishvili E.* 2020. Immunomodulatory properties of amniotic membrane derivatives and their potential in regenerative medicine. *Curr. Diabetes Rep.* V. 20. P. 31.
<https://doi.org/10.1007/s11892-020-01316-w>
54. *Zare-Bidaki M., Sadrinia S., Erfani S., Afkar E., Ghanbarzade N.* 2017. Antimicrobial properties of amniotic and chorionic membranes: a comparative study of two human fetal sacs. *J. Reprod. Infertil.* V. 18. P. 218. PMID: PMC5565909.
55. *Zhang Q., Chang C., Qian C., Xiao W., Zhu H., Guo J., Meng Z., Cui W., Ge Z.* 2021. Photo-crosslinkable amniotic membrane hydrogel for skin defect healing. *Acta Biomater.* V. 125. P. 197.
<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.02.043>