

ХИМИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ БИОПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНОК ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ БАРАБАННОЙ ПЕРЕПОНКИ

Сербун П.Г.¹, Снетков П.П.^{1,2}, Морозкина С.Н.^{1,2}

Научный руководитель – канд. техн. наук, Снетков П.П.

¹Университет ИТМО

²Медицинский институт СПбГУ

polina_serbun@itmo.ru

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, номер проекта 25-73-20141.

Введение

Перфорация барабанной перепонки является одной из наиболее частых причин для проведения хирургических вмешательств в отоларингологии, так как, несмотря на возможность самовосстановления небольших повреждений, крупные и хронические перфорации нуждаются в применении трансплантатов. Более 5% хирургических вмешательств заканчиваются осложнениями и требуют повторных операций [1]. Сложность таких операций объясняется риском возникновения хронического воспаления на фоне инфекции (отит среднего уха), несовместимостью трансплантата, а также необходимостью воспроизведения сложной структурной организации тканевых волокон. Полная анатомическая и функциональная регенерация может быть достигнута с учетом создания микроокружения, мимикрирующего под нативную структуру внеклеточного матрикса (ЕМС), что возможно при использовании различных стратегий при производстве новых материалов для регенеративной медицины [2,3].

Для воссоздания нативной структуры следует придерживаться трех основных принципов: динамичность, иерархическая архитектура и контролируемый сигналинг. Каждый из принципов влияет на формирование правильного строения образующейся ткани. В данном случае ЕМС описывается как динамическая, а не статическая структура, что подразумевает новые подходы к созданию материалов [3,4].

Основная часть

Динамические структуры могут быть получены при сочетании стабильных ковалентных связей, образованных за счёт сшивания полимерных цепей, и динамических водородных и ионных связей [2,4]. Такая комбинация обеспечивает адаптивность материала на разных этапах заживления и восстанавливать свою структуру при нарушении целостности импланта (самовосстанавливающиеся полимеры). Такие свойства напрямую влияют на время и качества заживления [4].

Иерархическая архитектура ткани в основном обусловлена формой и ориентацией коллагеновых и эластических волокон в ЕМС. Использование пленок на основе ориентированных нановолокон, полученных методом электроформования, решает проблему с образованием оптимального каркаса ткани, что влияет на скорость пролиферации клеток и формирование структуры ЕМС [4,5].

Факторы роста напрямую влияют на процессы заживления, и подбираются в зависимости от стадии процесса. Преобладание провоспалительных факторов способно замедлить заживление из-за удлинения воспалительной фазы. Имобилизированные в матрицу факторы роста при контролируемом высвобождении в ткани способны

модулировать клеточные сигнальные пути, таким образом улучшая процесс регенерации [2,5]. В исследовании эффективности концентрированных факторов роста на модели перфорации разрыва перепонки у морских свинок результаты показали, что использование богатой тромбоцитами фибриновой матрицы, содержащей различные эндогенные факторы роста (bFGF, EGF и PDGF), значительно ускоряет закрытие перфораций. Сформированная регенерированная ткань обладала выраженной гиперплазией соединительной ткани и ангиогенезом по сравнению с контролем, что подтверждает потенциал использования комбинации факторов роста в качестве эффективной терапии [6].

Выводы

Реализация вышеупомянутых стратегий при получении новых регенеративных материалов способна снизить процент повторных хирургических вмешательств, а также в большей степени восстановить анатомическую структуру и функции ткани.

Литература

1. I. Rodriguez, C. Gálvez, M. González, et al. Outlook for Tissue Engineering of the Tympanic Membrane // *Audiology Research*. 2015 Vol.5, no. 1. P. 117. <https://doi.org/10.4081/audiores.2015.117>.
2. Hubbell J.A. Materials as morphogenetic guides in tissue engineering // *Current Opinion in Biotechnology*. 2003. Vol. 14, no. 5. P. 551-558. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2003.09.004>.
3. Lee J., Kim S., Park H., et al. Extracellular-Matrix-Mimetic Hydrogels by Using Nanomaterials // *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 26, no. 11. P. 4987. <https://doi.org/10.3390/ijms26114987>.
4. Yang P., Boer G., Snow F., et al. Test and tune: evaluating, adjusting and optimising the stiffness of hydrogels to influence cell fate // *Chemical Engineering Journal*. 2025. Vol. 512, P. 162635. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.162635>.
5. Parlow J., Pet E., Smirnova A., et al. Diffusion of macromolecules in extracellular matrix mimetic hydrogels: effect of size and charge // *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2025. Vol. 214. P. 107257. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2025.107257>.
6. Hanari T., Okada M., Nakata T., et al. Efficacy of Concentrated Growth Factors in Treating Tympanic Membrane Perforation in Guinea Pigs // *Journal of International Advanced Otology*. 2025. Vol. 21, no. 1. P. 1-7. <https://doi.org/10.5152/jao.2025.241732>.