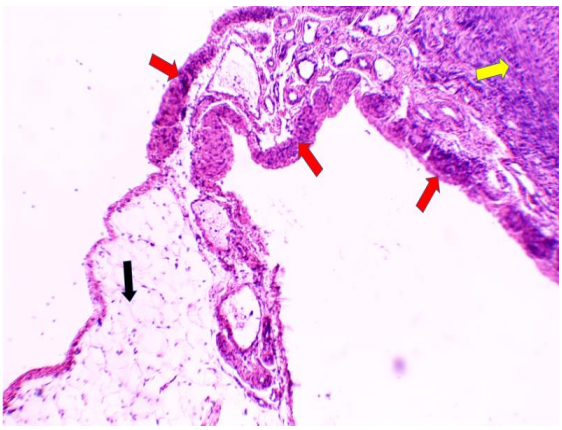


Рисунок 8. – Ткань матки (желтая стрелка); инфильтрация и соединительная ткань (красные стрелки); сальник (черная стрелка)

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать следующее заключение: препарат «BioGlue» демонстрирует более высокую гемостатическую эффективность по сравнению с «Фибриностатом», обеспечивая более быструю остановку кровотечения из раны матки. Анализируя данные гистологического исследования, отмечали, что гель-клей «BioGlue» уже на 7-е сутки подвергся в области раны полной резорбции, начала формироваться молодая волокнистая соединительная ткань. Резорбция препарата «Фибриностат» произошла только на 14-е сутки. Препарат также способствует заживлению и регенерации тканей, однако его применение сопровождается более выраженной воспалительной инфильтрацией, что может свидетельствовать о более длительном восстановительном процессе.

НИЛИ красной области спектра способствовало улучшению процессов регенерации, формированию зрелой соединительной ткани, а также уменьшению воспалительных изменений в сравнении с группами без НИЛИ. Таким образом, гемостаз препаратами «BioGlue» и «Фибриностат» с дополнительным воздействием НИЛИ может представлять перспективный подход для быстрой и эффективной остановки кровотечения с минимальными осложнениями и благоприятными условиями для последующей регенерации тканей матки.

Литература

1 Uterine fibroids (leiomyomata) and heavy menstrual bleeding / O. Uimari, S. S. Kavita, B. Vollenhoven, T. T. Tapmeier // Frontiers in Reproductive Health. – 2022. – Vol. 4. – P. 1.

ГЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГОЛОВНОГО МОЗГА: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ И ФУНКЦИЯХ

Шматова А.Е.

Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. Сидорович С.А.
Гродненский государственный медицинский университет

Актуальность. Изучение глимфатической системы (ГС) является одним из наиболее динамично развивающихся направлений в нейронауках. Открытие

Репозиторий ГрГМУ

этой системы перевернуло классические представления о клиренсе (очищении) центральной нервной системы (ЦНС) от продуктов метаболизма в условиях отсутствия в ней классической лимфатической системы. Дисфункция ГС напрямую связывается с патогенезом таких социально значимых нейродегенеративных заболеваний, как болезнь Альцгеймера и Паркинсона, что открывает новые потенциальные мишени для терапевтического вмешательства. Кроме того, понимание работы ГС и ее связи с менингеальными лимфатическими сосудами, а также влияние на ее активность цикла сон-бодрствование, имеет фундаментальное значение для разработки стратегий улучшения здоровья мозга и профилактики неврологических расстройств.

Цель. Изучить имеющиеся в литературе данные о строении и функциях глимфатической системы; проанализировать ее компоненты и их роль в оттоке спинномозговой и интерстициальной жидкостей.

Материал и методы. Исследование выполнено на основании анализа имеющихся в свободном доступе научных статей, описывающих строение и функции глимфатической системы.

Результаты и их обсуждение. Согласно классическим представлениям, в органах центральной нервной системы (ЦНС) отсутствуют структуры лимфатической системы, а ее функции выполняют другие жидкости и механизмы. Долгое время считалось, что роль лимфатической системы выполняет спинномозговая жидкость (СМЖ), циркулирующая вокруг головного и спинного мозга. Однако данные, полученные в исследовании H.Cserr, показали, что высокомолекулярным веществам требуется значительное время для транспорта в паренхиме мозга. Следовательно, такая низкая скорость недостаточна для обеспечения нормального функционирования мозга, поскольку нервная ткань в процессе жизнедеятельности выделяет большое количество метаболитов, способных угнетать ее функции [1].

Решение загадки о том, как происходит выведение продуктов метаболизма из ЦНС при отсутствии церебральной лимфатической системы, предложила гипотеза глимфатической системы [2]. Основные положения этой гипотезы были сформулированы группой ученых Медицинского центра Рочестерского университета под руководством M. Nedergaard. Термин «глимфатическая система» произошел от слияния слов «глия» и «лимфатическая». Глия – это клетки мозга, не являющиеся нейронами, то есть не способные генерировать и проводить нервный импульс, но выполняющие множество других важных функций. Непосредственное участие в образовании и работе этой системы принимает тип глиальных клеток – астроциты [3].

Впервые глимфатическую систему удалось визуализировать в 2012 году в экспериментах на мышах. J.Iliff и соавторы использовали метод двухфотонной микроскопии с малыми флуоресцентными индикаторами in vivo для мониторинга тока субарахноидальной СМЖ через паренхиму головного мозга. Флуоресцентные маркеры, введенные в большую цистерну головного мозга, сначала появлялись в артериях мягкой мозговой оболочки, через 20 минут – в веществе мозга, и далее выводились через параваскулярные пространства вен. Пространство с наблюдаемым маркером располагалось вдоль стенок артерий,

Репозиторий ГрГМУ

однако его точное анатомическое положение осталось неизвестным. Авторы предположили, что такой путь оттока возможен по пространствам между окружающими стенку артерии мягкой мозговой оболочкой и глиальной пограничной мембраной, которые и были названы параваскулярными [4].

Было доказано, что AQP4 (аквапорин-4), экспрессируемый астроцитами, необходим для параваскулярного обмена между СМЖ и интерстициальной жидкостью (ИСЖ). Выведение растворимых белков, метаболитов и избытка внеклеточной жидкости осуществляется посредством конвективного объемного потока СМЖ, которому также способствуют каналы астроцитарного AQP4. Кроме того, AQP4 участвует в устранении избытка воды в мозге при вазогенном и интерстициальном отеке [4].

J. Iliff и соавт. сформулировали три последовательных этапа глимфатического клиренса:

1. Первоначальный конвективный ток субарахноидальной СМЖ в мозг по параартериальным пространствам.
2. Опосредованный AQP4 ток воды и введенных веществ из параартериального в паравенозное пространство («транспаренхимальная конвекция»).
3. Отток жидкости, переносящей гидрофильные и липофильные молекулы, по паравенозным пространствам в субарахноидальное пространство [4].

Альтернативным путем выведения ликвора (СМЖ) из головного мозга является периваскулярный путь. В своем исследовании R.O. Carare и соавторы вводили мышам маркеры – декстран и овальбумин – в серое вещество скорлупы. Уже через 5 минут после введения маркеры обнаруживались в межклеточном веществе, по которому они распространялись диффузно, а также в стенках кровеносных сосудов. Маркеры локализовались в базальных мембранах капилляров и в базальных мембранах между гладкомышечными клетками средней оболочки артерий. При этом введенные вещества не выявлялись в периваскулярных пространствах вен. Спустя 30 минут после инъекции маркеры уже не обнаруживались в межклеточном веществе мозга и базальных мембранах кровеносных сосудов (капилляров и артериол), тогда как в периваскулярных макрофагах они сохранялись. Через 24 часа путь оттока ликвора был очерчен периваскулярными макрофагами, располагающимися вблизи внутримозговых артерий и артерий мягкой мозговой оболочки. Показано, что ток ликвора по периваскулярным пространствам направлен в сторону, противоположную току ликвора по параваскулярным пространствам и току крови [5].

Важно отметить, что одной из морфофункциональных составляющих ГС являются пространства Вирхова-Робина (ПВР) – это полости, содержащие ликвороподобную жидкость, ограниченные стенкой сосуда на внутренней границе и астроцитарными концевыми ножками и мягкой мозговой оболочкой на внешней стороне. Они являются функциональными расширениями субарахноидальных пространств. ПВР могут рассматриваться как в рамках параваскулярной, так и в рамках периваскулярной теории, что

Репозиторий ГрГМУ

свидетельствует о терминологических расхождениях в научных исследованиях [5].

Таким образом, существуют две основные модели устройства ГС головного мозга: параваскулярная и периваскулярная. Согласно первой гипотезе, СМЖ следует по параартериальным пространствам, смешивается с интерстициальной жидкостью и растворенными в ней веществами и удаляется из мозга по паравенозным пространствам. Этот путь основан на движении жидкости через аквапорин-4-каналы, расположенные на астроцитарных ножках, окружающих кровеносную сеть паренхимы. Вторая гипотеза гласит, что отток межтканевой жидкости и растворенных веществ происходит вдоль средних слоев базальной мембраны артериальных гладкомышечных клеток в направлении, противоположном току веществ в параваскулярном пути [2].

Следует отметить исследования, посвященные влиянию сна и бодрствования на активность ГС. Было продемонстрировано, что у спящих крыс удаление индикаторов из паренхимы мозга происходило быстрее, чем у бодрствующих. Причем у крыс, спавших на боку, скорость очищения была самой высокой. В исследованиях тех же авторов было показано, что норадреналин угнетает функции глимфатической системы [1].

Выводы. Глимфатическая система была открыта относительно недавно, но исследования, проведенные за последнее время, продемонстрировали ее ключевую роль в поддержании тканевого гомеостаза головного мозга. Компоненты глимфатической системы обеспечивают клиренс метаболитов, накопление которых приводит к развитию нейродегенеративных заболеваний (например, болезней Паркинсона и Альцгеймера). Кроме того, глимфатическая система отвечает за модуляцию внутричерепного давления, транспорт липидов и глюкозы.

Литература

1. Глимфатическая система мозга и менингиальные лимфатические сосуды / А. А. Топоркова, В. А. Михиенко, М. Е. Копчекчи [и др.] // Современные научные тенденции в ветеринарии : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 7–8 дек. 2023 г. – Пенза : Пенз. гос. аграр. ун-т, 2024. – С. 154–157.

2. Глимфатическая система головного мозга: функциональная анатомия и клинические перспективы / В. Н. Николенко, М. В. Оганесян, Н. Н. Яхно [и др.] // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 94–100.

3. Hablitz, M. L. The glymphatic system: a novel component of fundamental neurobiology / M. L. Hablitz, M. Nedergaard // Journal of Neuroscience. – 2021. – Vol. 41, № 37. – P. 7698–7711.

4. Кондратьев, А. Н. Глимфатическая система мозга: строение и практическая значимость / А. Н. Кондратьев, Л. М. Ценципер // Анестезиология и реаниматология. – 2019. – № 6. – С. 72–80.

5. Клюева, Л. А. Структурные и функциональные особенности глимфатической системы головного мозга: современный взгляд на проблему / Л. А. Клюева, Д. А. Аверин, К. А. Васянина // Морфология. – 2025. – Т. 163, № 2. – С. 93–105.

Репозиторий ГомГМУ