

УДК 616.831-005:569.323.4+612.398
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-9-196-200

**ИЗМЕНЕНИЯ КРОВЕНОСНОГО РУСЛА ГОЛОВНОГО МОЗГА
КРЫС ПРИ БЕЛКОВОЙ ДИЕТЕ И ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ПОСЛЕ ПЕРЕВОДА НА СТАНДАРТНЫЙ КОРМ**

Алымжан уулу Болотбек

Аннотация. Изложены результаты исследования изменений кровеносного русла головного мозга крыс при длительном потреблении белковой диеты, а также процессы восстановления сосудистой архитектуры после возвращения животных на стандартный рацион. Эксперимент проводился на взрослых лабораторных крысах, которых в течение 30 дней кормили исключительно яичным белком. Установлены выраженные изменения сосудистого русла головного мозга, а также частичное восстановление его после перехода на сбалансированный рацион. Результаты исследования подчеркивают важность рационального питания для сохранения нормального цереброваскулярного гомеостаза.

Ключевые слова: кровеносное русло; головной мозг; крысы; изолированная белковая диета; сосудистая сеть; реституция.

**ПРОТЕИН ДИЕТАСЫНДАГЫ КЕЛЕМИШТЕРДИН МЭЭСИНИН
КАН ТАМЫРЫНДАГЫ ӨЗГӨРҮҮЛӨР ЖАНА СТАНДАРТТЫК ТОЮТКА
КОТОРУЛГАНДАН КИЙИН АНЫН КАЛЫБЫНА КЕЛИШИ**

Алымжан уулу Болотбек

Аннотация. Бул макалада протеин диетасын узак мөөнөттүү керектөөдө келемиштердин мээсинин кан тамырындагы өзгөрүүлөр, ошондой эле жаныбарлар стандарттуу диетага кайтып келгенден кийинки кан тамыр архитекtonикасынын калыбына келүү процесстери каралат. Эксперимент 30 күн бою жумуртканын агы менен гана азыктанган, бойго жеткен лабораториялык келемиштерде жүргүзүлгөн. Мээнин кан тамыр агымында байкалган өзгөрүүлөр, ошондой эле салмактуу диетага өткөндөн кийинки анын жарым-жартылай калыбына келиши аныкталды. Изилдөөнүн жыйынтыктары нормалдуу мээ кан тамыр гомеостазын сактоо үчүн рационалдуу тамактануунун маанилүүлүгүн баса белгилейт.

Түйүндүү сөздөр: кан агымы; мээ; келемиштер; изоляцияланган протеин диетасы; кан тамырлар; реституция.

**CHANGES IN THE BLOODSTREAM OF THE RAT BRAIN
DURING A PROTEIN DIET AND ITS RECOVERY
AFTER CONVERSION TO STANDARD FOOD**

Alymzhan uulu Bolotbek

Abstract. This paper presents the results of a study of changes in the bloodstream of the rat brain during prolonged consumption of a protein diet, as well as the processes of restoring vascular architectonics after the animals return to a standard diet. The experiment was conducted on adult laboratory rats, which were fed exclusively with egg white for 30 days. Marked changes in the vascular bed of the brain, as well as its partial recovery after switching to a balanced diet, have been established. The results of the study emphasize the importance of rational nutrition for maintaining normal cerebrovascular homeostasis.

Keywords: bloodstream; brain; rats; isolated protein diet; vascular network; restitution.

Введение. Анализ литературных источников, посвящённых влиянию диеты на структурную организацию и функциональную специализацию различных отделов головного мозга, не позволяет прийти к единому мнению относительно результатов, представленных различными авторами. Особенно неоднозначны данные, полученные в экспериментальных исследованиях, даже в тех случаях, когда опыты проводились на одних и тех же моделях животных с использованием идентичных диетических режимов.

Головной мозг представляет собой высокоорганизованную систему, включающую множество типов клеток, тесно взаимосвязанных и находящихся в постоянном функциональном взаимодействии [1–3]. Эти клеточные элементы не только координируют свои действия, но и способны адаптироваться к изменениям внешней среды, обеспечивая адекватный ответ организма на внутренние и внешние стимулы [4, 5].

В настоящее время в научной литературе представлено ограниченное количество данных о характере изменений компонентов микрооси “сосуд – нейрон – астроцит” под воздействием различных диетических факторов [5, 6].

При большинстве патологических состояний отмечаются качественные изменения белков плазмы крови, что, в свою очередь, оказывает влияние на структурную организацию и функциональную специализацию тканей, клеток и внутриклеточных структур [7]. Белки являются одним из источников образования кетоновых тел. Известно, что в печени белки подвергаются метаболизму по пяти основным направлениям с образованием кетоновых тел [8, 9]. Однако в настоящее время невозможно точно определить и контролировать объём потребляемого белка, который может быть использован как источник кетоновых тел, что составляет задачей дальнейших исследований.

Предметом исследования нашего коллектива послужила проблема, связанная с выяснением влияния исключительно белковой диеты на кровоснабжение головного мозга, а также на обратимость раздражающих и повреждающих ее эффектов. Полагаем, что полученные данные могут быть использованы при разработке

диетотерапии заболеваний центральной нервной системы.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования были выбраны белые беспородные крысы-самцы весом 200–250 г. Опытные животные ($n = 40$) случайным образом были разделены на 2 группы: первую группу ($n = 20$) кормили исключительно куриным белком в течение 30 дней и затем выводили из эксперимента. Во второй основной группе животные ($n = 20$) были переведены на стандартный корм, который имел следующий состав: пшеничная мука второго сорта, овсяные хлопья, коровье молоко, поваренная соль, зелень и мясо – молодая свинина. В качестве сопоставления использованы данные полученные у животных ($n = 20$), находящиеся с первого дня эксперимента на стандартном корме

Работа выполнена в лаборатории экспериментального моделирования патологических процессов Кыргызско-Российского Славянского университета (КРСУ) с соблюдением правил лабораторной практики утвержденным Министерством здравоохранения и социального развития РФ N 708Н от 23 августа 2010 года “Об утверждении правил лабораторной практики” в рамках проекта “Алиментарные и дистрофические синдромы и их обратимость” утвержденного МОиН КР. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом при КГМА им. И.К. Ахунбаева (от 27 мая 2023 года).

Образцы головного мозга после фиксации в 10%-м нейтральном растворе формалина обезвожены в спиртах возрастающей концентрации и залиты в парафин. Из парафиновых блоков изготовлены срезы толщиной 5–7 мкм, окрашены гематоксилином и эозином. Готовые гистологические препараты изучены под световым микроскопом Olympus Vx40 (Япония) с одновременным фотографированием цифровым фотоаппаратом Levenhuk C130 № 6 (Китай).

Результаты и обсуждение. На 30-е сутки после перевода животных с исключительно белковой диеты на стандартный корм были получены следующие гистологические изменения в кровеносном русле головного мозга крыс. Сосудистая стенка артерий мягкой мозговой

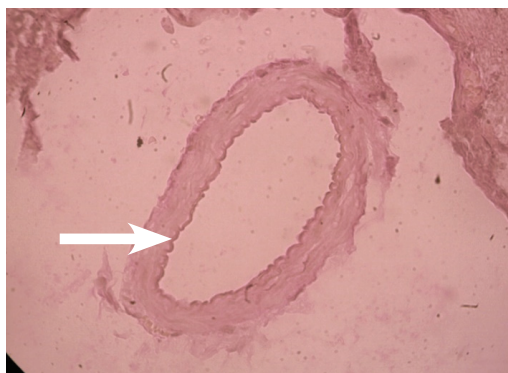


Рисунок (микрофото) 1 – Сосудистая стенка артерии мягкой мозговой оболочки обычного строения на 30-й день перевода животных с белковой диеты на стандартную. Окраска гематоксилин-эозином. Заливка в парафин. $\times 400$

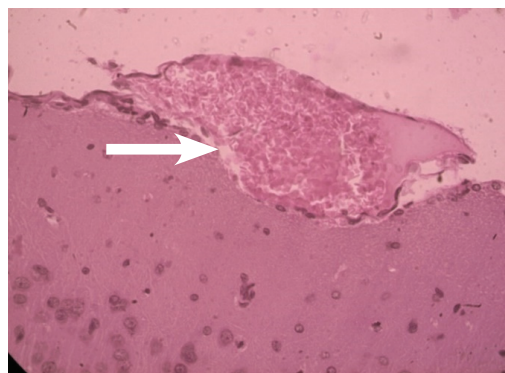


Рисунок (микрофото) 2 – Вена мягкой мозговой оболочки с незначительной сепарацией цельной крови. На 30-й день перевода животных с белковой диеты на стандартную. Окраска гематоксилин-эозином. Заливка в парафин. $\times 400$

оболочки и внутриорганных вен более выражена окрашена, чем у животных, взятых в качестве сопоставления. Такие изменения обычно наблюдаются при зернистой или гидропической дистрофии сосудистой стенки.

Имели место участки димиелинизации отростков нервных клеток на фоне облитерированных капилляров и артериол. В поле зрения встречались огромные клетки Нилля.

Внутрисосудистые изменения характеризовались остатками тромбов в сосудах. Восстановительные процессы в веществе головного мозга сопровождались активизацией астроцитов в виде их гиперфункции.

В негроздебидном отделе сосудистого сплетения желудочков мозга отмечается резкая гиперемия. Гроздебидная же часть отличается большой мозаичностью.

Сосудистая стенка артерий в области межполушарий головного мозга гипертрофирована. Целостность эндотелия в отдельных участках нарушена с адгезией форменных элементов.

На продольном срезе микрососуды имеют неравномерную толщину стенки и диаметра просвета на всем их протяжении. Местами встречается дистрофия сосудистой стенки, отмечается гипертрофия ядер эндотелия.

Контуры артерий мягкой мозговой оболочки без каких-либо изменений, их сосудистая стенка обычного строения, нарушений со стороны оболочек артерий не отмечается (рисунок 1).

Вены дилатированы, а их сосудистая стенка истончена, в просвете наблюдается незначительная сепарация цельной крови (рисунок 2).

Восстановительные процессы в стенке артерий характеризуются незначительным увеличением ядер эндотелия на фоне обычного строения и формы сосудистой стенки (рисунок 3).

В сосудистых сплетениях желудочков головного мозга отмечается чрезвычайное полнокровие вен, которое сдавливает гроздебидную часть органа. На основании этого, можно говорить о нарушении оттока венозной крови от сосудистого сплетения (рисунок 4).

Ветви артериол в оболочке и веществе мозга демонстрирует нормальное их функционирование. Артериолы в веществе мозга распадаются на капилляры, которые распределяются в молекулярном слое. Видимых отклонений от нормы не наблюдается (рисунок 5).

Со стороны стенки капилляра также отмечается интенсивное окрашивание, вероятнее всего связанное с его облитерацией. Что касается венул, то они – обычного очертания, без изменений (рисунок 6).

В боковых желудочках ворсинки сосудистого сплетения увеличены в размерах, синусоиды дилатированы и полнокровны (рисунок 7). Судя по этим данным, идет интенсивное образование спинномозговой жидкости. Это может иметь компенсаторное значение. Активизация выработки ликвора направленное на распределение

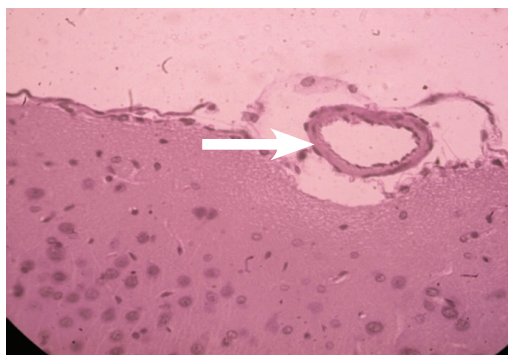


Рисунок (микрофото) 3 – Незначительное увеличение ядер эндотелия артерий мягкой мозговой оболочки на 30-й день перевода животных с белковой диеты на стандартную. Окраска гематоксилин-эозином. Заливка в парафин. $\times 400$

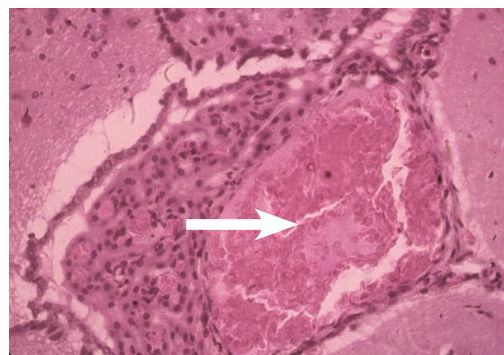


Рисунок (микрофото) 4 – Полнокровные вены сосудистого сплетения бокового желудочка на 30-й день перевода животных с белковой диеты на стандартную. Окраска гематоксилин-эозином. Заливка в парафин. $\times 400$

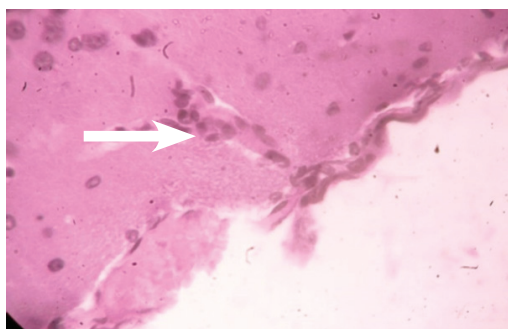


Рисунок (микрофото) 5 – Артериола и ее ветви с нормальным строением на 30-й день перевода животных с белковой диеты на стандартную. Окраска гематоксилин-эозином. Заливка в парафин. $\times 400$



Рисунок (микрофото) 6 – Интенсивное окрашивание стенки капилляра и венолы. 30-й день перевода животных с белковой диеты на стандартную. Окраска гематоксилин-эозином. Заливка в парафин. $\times 400$

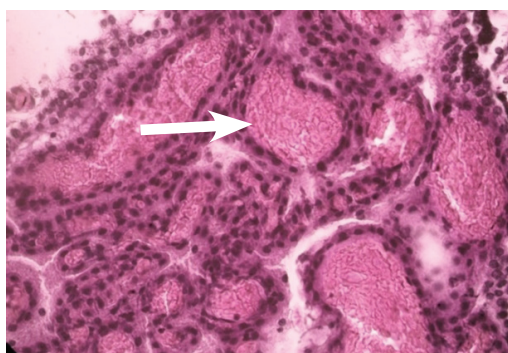


Рисунок (микрофото) 7 – Дилатированные и полнокровные синусоиды сосудистого сплетения бокового желудочка. 30-й день перевода животных с белковой диеты на стандартную. Окраска гематоксилин-эозином. Заливка в парафин. $\times 400$

биологически активных веществ в различные отделы центральной нервной системы и вымывание уже ненужных продуктов метаболизма несомненно имеет защитное и регуляторное значение.

Заключение. Таким образом, через 30 дней после перевода животных с белковой на стандартную диету кровоснабжение головного мозга приобретает по структурным очертаниям исходную картину. Одновременно с вышеуказанными изменениями следует отметить, что не все последствия 30-дневной белковой диеты являются обратимыми.

Поступила: 26.06.2025;
рецензирована: 10.07.2025; принята: 11.07.2025.

Литература

1. *Altynbekova A.T., Mamytova E.M., Shidakov Y.Kh.-M., Israilova A.T., Alymjan uulu B., Tuhvatshin R.R.* The effect of an isolated fat diet on the blood vessels of the rat's brain (experimental randomized study) // *Heart Vessels Transplant.* 2024; 8: DOI: 10.24969/hvt.2024.527.
2. *Fedotova A.A., Tichlyak A.V., Semyanov A.V.* The influence of diet as an exposome factor on brain function // *I.M. Sechenov Russian Journal of Physiology.* 2021. Vol. 107. No. 4–5. Pp. 533–567.
3. *Siroux V., Agier L., Slama R.* The exposome concept: a challenge and a potential driver for environmental health research // *Eur Respir Rev.* 2016 Jun; 25 (140): 124–9. DOI: 10.1183/16000617.0034-2016.
4. *Sharifi-Rad J., Rodrigues C.F., Sharopov F., Docea A.O., Can Karaca A., Sharifi-Rad M. et al.* Diet, Lifestyle and Cardiovascular Diseases: Linking Pathophysiology to Cardioprotective Effects of Natural Bioactive Compounds // *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Mar 30; 17 (7): 2326. DOI: 10.3390/ijerph17072326.
5. *French W.W., Dridi S., Shouse S.A., Wu H., Hawley A., Lee S.-O., Gu X., Baum J.I.* A High-Protein Diet Reduces Weight Gain, Decreases Food Intake, Decreases Liver Fat Deposition, and Improves Markers of Muscle Metabolism in Obese Zucker Rats // *Nutrients.* 2017; 9: 587. URL: <https://doi.org/10.3390/nu9060587>.
6. Pathophysiology of lipid metabolism: a textbook / edited by A.P. Yastrebov; GBOU VPO UGMU of the Ministry of Health of the Russian Federation. Yekaterinburg: UGMU Publishing House, 2016. 60 p. ISBN 978-5-89895-777-3
7. *Żebrowska E., Maciejczyk M., Żendzian-Piotrowska M., Zalewska A., Chabowski A.* High Protein Diet Induces Oxidative Stress in Rat Cerebral Cortex and Hypothalamus // *Int J Mol Sci.* 2019 Mar 28; 20 (7):1547. DOI: 10.3390/ijms20071547.
8. *Alymzhan uulu B., Mamytova E.M., Shidakov Y.Kh.-M., Israilova A.T., Mamytova A.J., Tuhvatshin R.R. et al.* Remodeling of the microcirculation of the small intestine with a fatty diet in rats: an experimental randomized study // *Heart Vessels Transplant.* 2024; 8: DOI: 10.24969/hvt.2024.483 Received: 17.01.2024 Revised: 13.03.2024 Accepted: 15.04.2024 Copyright ©2024 Heart, Vessels and Transplantation.
9. *Israilova A.T., Mamytova E.M., Shidakov Y.Kh.-M., Mamytova A.D.* The effect of an isolated fat diet on the remodeling of the functional system “lungs – heart” under experimental conditions // *Vestnik KRSU.* 2023. Vol. 23. № 5. P. 176–182.