

УДК 612.397.2:612.824:616-092.9
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-1-146-151

ЭФФЕКТЫ ЖИРОВОЙ ДИЕТЫ НА КРОВЕНОСНЫЕ СОСУДЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС

*Ю.Х.-М. Шидаков, А.Т. Исраилова, А.Т. Алтынбекова,
Алымжан уулу Болотбек, Э.М. Мамытова, Нурбек кызы Айжанат, Д.А. О*

Аннотация. Исследуется установление характера изменений кровеносных сосудов головного мозга под действием жировой диеты. Влияния диеты на головной мозг являются самыми противоречивыми по сравнению с другими органами. В то же время известно, что любые изменения в головном мозге происходят вокруг микрооси «сосуд – астроцит – нейрон». При этом ведущую роль исполняет кровеносный сосуд на уровне микрогемодикуляции, где наиболее ярко проявляется непрерывное единство кровоснабжения, метаболизма и нейрогуморального регулирования. Долгое время было принято считать, что метаболизм в головном мозге – гликоцентрический, инсулиннезависимый, аэробный. Лишь в последние годы появились сведения о возможности протекания метаболизма в головном мозге по липоцентрическому пути, при котором замедляется гликолиз и активируются липолиз и В-окисление жирных кислот.

Ключевые слова: исключительно жировая диета; церебральное кровеносное русло; сосудистые сплетения желудочков мозга.

МАЙЛУУ ДИЕТАНЫН КЕЛЕМИШТИН МЭЭСИННИ КАН ТАМЫРЛАРЫНА ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ

*Ю.Х.-М. Шидаков, А.Т. Исраилова, А.Т. Алтынбекова,
Алымжан уулу Болотбек, Э.М. Мамытова, Нурбек кызы Айжанат, Д.А. О*

Аннотация. Бул макаланын максаты майлуу диетанын таасири астында мээнин кан тамырларындагы өзгөрүүлөрдүн мүнөзүн аныктоо болгон. Диетанын мээге тийгизген таасири башка органдарга салыштырмалуу эң талаштуу болуп саналат. Ошол эле учурда мээдеги ар кандай өзгөрүүлөр “кан тамыр – астроцит – нейрон” микроогунун тегерегинде жүрөрү белгилүү. Ошол эле учурда кан менен камсыз кылуунун, зат алмашуунун жана нейрогумароль жөнгө салынышынын үзгүлтүксүз биримдиги айкын көрүнгөн микрогемодикуляция деңгээлинде кан тамыр жетектөөчү ролду ойнойт. Узак убакыт бою мээдеги зат алмашуу гликоцентридик, инсулинге көз карандысыз, аэробдук деп эсептелген. Акыркы жылдары гана мээде липоцентридик жол боюнча зат алмашуу мүмкүнчүлүгү жөнүндө маалыматтар пайда болду, анда гликолиз жайлайт жана май кислоталарынын липолиз жана В-кычкылдануусу активдешет.

Түйүндүү сөздөр: майлуу диета; мээнин кан айлануу төшөгү; мээнин карынчаларындагы кан тамырдын чиелениши.

EFFECTS OF A FAT DIET ON THE BLOOD CELLS OF THE RAT BRAIN

*Y.Kh.-M. Shidakov, A.T. Israilova, A.T. Altynbekova,
Alymzhan uulu Bolotbek, E.M. Mamytova, Nurbek kzy Aizhanat, D.A. O*

Abstract. The purpose of this article was to establish the nature of changes in the blood vessels of the brain under the influence of a fat diet. The effects of diet on the brain are the most controversial compared to other organs. At the same time, it is known that any changes in the brain occur around the «vessel – astrocyte – neuron» microaxis. At the same time, the leading role is played by the blood vessel at the level of microhemocirculation, where the continuous

unity of blood supply, metabolism and neurohumoral regulation is most clearly manifested. For a long time, it was believed that metabolism in the brain is glyco-centric, insulin-independent, aerobic. Only in recent years has there been information about the possibility of metabolism in the brain along the lipocentric pathway, in which glycolysis slows down and lipolysis and β -oxidation of fatty acids are activated.

Keywords: exclusively fat diet; cerebral circulatory bed; vascular plexuses of the ventricles of the brain.

Введение. Сведения о влиянии диеты на головной мозг являются самыми противоречивыми по сравнению с другими органами. Долгое время метаболизм в головном мозге считался гликоцентрическим, инсулиннезависимым аэробным фактором. Только недавно стали доступны сведения о том, что метаболизм в головном мозге, возможно, идет по липоцентрическому пути, при котором гликолиз замедляется, а липолиз и β -окисление жирных кислот активируются [1, 2].

Естественно, встает вопрос о характере алиментарных изменений в различных структурах центральной нервной системы и об их обратимости. Как известно, любые изменения в головном мозге происходят вокруг микрооси «сосуд – астроцит – нейрон» [3, 4]. Именно взаимодействие элементов этой микрооси обеспечивает формирование адаптивных (приспособительных) и компенсаторных (заместительных) реакций в центральной нервной системе. При этом ведущая роль отводится кровеносному сосуду на уровне микрогемодинамики, где наиболее ярко проявляется непрерывное единство кровоснабжения, метаболизма и нейрогуморального регулирования [5, 6].

В этом свете становится актуальным вопрос о влиянии исключительно жировой диеты на кровеносное русло головного мозга, который мало изучен.

Цель исследования – установить характер изменений кровеносных сосудов головного мозга под действием жировой диеты.

Материал и методы. Работа выполнена на базе лаборатории экспериментального моделирования патологических процессов (ЛЭМП) Кыргызско-Российского Славянского университета (КРСУ) на 20 беспородных лабораторных крысах-самцах весом 200–250 г с соблюдением правил лабораторной практики, утвержденных приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ «Об утверждении Правил лабораторной практики» № 708

от 26 августа 2010 года. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом КГМА им. И.К. Ахунбаева (протокол заседания от 27 мая 2023 года № 52).

Животные были разделены на опытную ($n = 10$) и контрольную ($n = 10$) группы. Опытную группу в течение 30 дней кормили исключительно курдючным салом, контрольную – стандартным кормом. После истечения срока опыта животные выводились из эксперимента под общим наркозом и проводился забор материала для дальнейшего исследования. Для этого голова крыс отсекалась от туловища, освобождалась от мягких тканей и погружалась в 10%-й нейтральный раствор формалина на 72 часа. Затем мозг изымался из черепа, производились два фронтальных разреза до передней центральной и задней центральной извилин, и затем мозг погружался в 10%-й нейтральный раствор формалина для дофиксации. В последующем материал обезвоживался в спиртах вырастающей концентрации и заливался в парафин.

Гистологические срезы толщиной 5–7 мкм окрашивались гематоксилин-эозином и изучались под световым микроскопом (Olympus, Tokyo, Japan) одновременно проводилось фотографирование с помощью цифрового фотоаппарата Levenhuk C130 NG, сопряженного с оптической системой микроскопа и компьютером.

Результаты и обсуждение. Структурные основы приспособительных, компенсаторных и патологических реакций кровеносного русла мягкой оболочки, вещества и сосудистых сплетений головного мозга на исключительно жировую диету характеризуются значительной мозаичностью. В мягкой мозговой оболочке среди обычных артерий встречаются экземпляры с резко расширенным просветом и истонченной стенкой кольцевидной формы. Стенка таких артерий растягивается, ее структурные составляющие тесно прилегают друг к другу, поэтому рассмотреть в отдельности адвентициальную, мышечную и эндотелиальную оболочки

не удается. По всей вероятности, эндотелий теряет свою липолитическую способность, и сосудистая стенка «засаливается», тинкториально становится гомогенной. Изложенная картина соответствует структурной приспособительной реакции на снижение кровотока по данной артерии (рисунок 1).

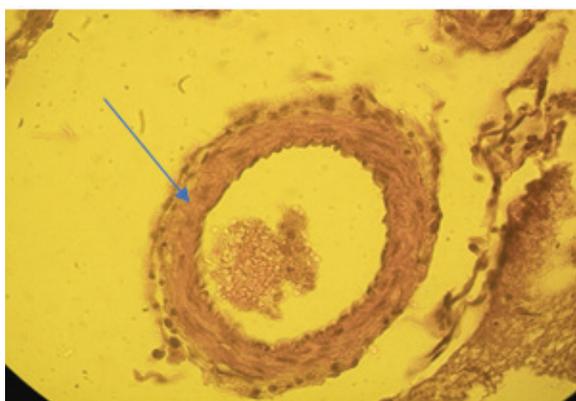


Рисунок (микрофото) 1 – Дилатированная артерия сосудистой оболочки головного мозга. Различить отдельные слои сосудистой стенки не удается. Индекс Керногана равен 1:6. Заливка в парафин, х 400

Другие артерии, напротив находятся в состоянии спазма, когда их просвет резко сужен, а стенка утолщена (рисунок 2).

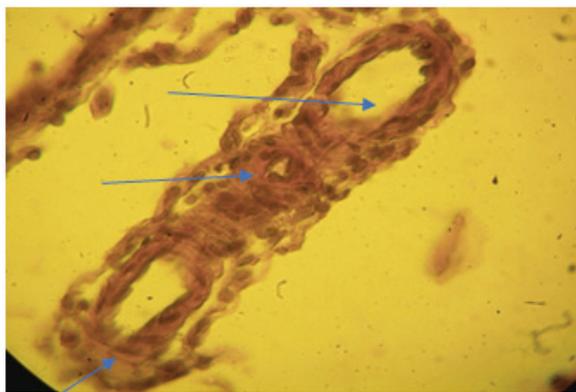


Рисунок (микрофото) 2 – Резко спазмированная артерия и сопровождающие ее вены. Индекс Керногана равен 5:1. Заливка в парафин, х 400

Располагаются такие структуры как по ходу артерий, так и на месте их ответвлений (рисунок 3).

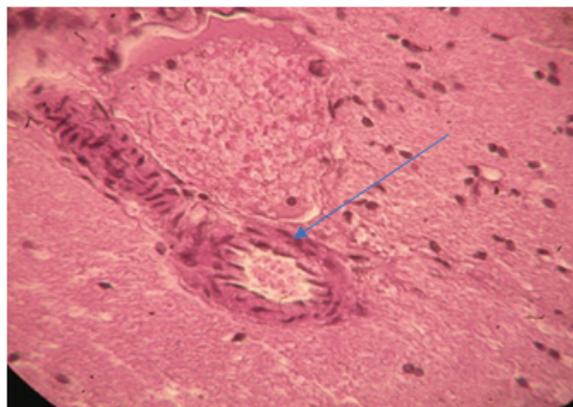


Рисунок (микрофото) 3 – Гипертрофированные гладкомышечные клетки закрывают просвет ветви, отходящей от материнской артерии. Заливка в парафин, х 400

На продольном срезе они занимают по длине не более 0,3–0,5 мм, на протяжении которых просвет артерии не выявляется. Эти резко суженные участки артерий состоят из гипертрофированных гладкомышечных клеток, которые окрашиваются интенсивнее, чем другие участки стенки артерии. В случае расположения утолщения мышечной оболочки, где от крупной артерии отходит ветвь, вступающая в вещество мозга, видимо оно играет роль сфинктера, регулирующего локальный кровоток (рисунок 4).

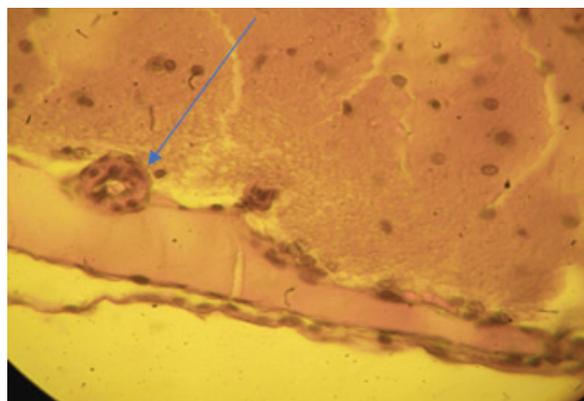


Рисунок (микрофото) 4 – Утолщение сосудистой стенки на месте отхождения ветви от артерии сосудистой оболочки в вещество мозга. Заливка в парафин, х 400

В случае расположения ограниченных утолщений мышечной оболочки в артериях на гистологических срезах они напоминают замыкательные образования. Надо полагать, что эти

закрывающие сосуды, перекрывая или препятствуя кровотоку, регулируют давление крови выше и ниже их расположения, тем самым направляя кровотоки в разные отделы мягкой мозговой оболочки и паренхимы мозга.

Как правило, центрально наблюдается расширение просвета и истончение стенки, а периферийно – сужение просвета и утолщение стенки. Такая реакция способствует в центральном участке истончению стенки артерий и повышению вместимости в условиях избыточного кровенаполнения, а на периферическом участке – утолщению стенки артерий и поддержанию адекватного давления и циркуляции крови на фоне редуцированного кровенаполнения (рисунок 5).

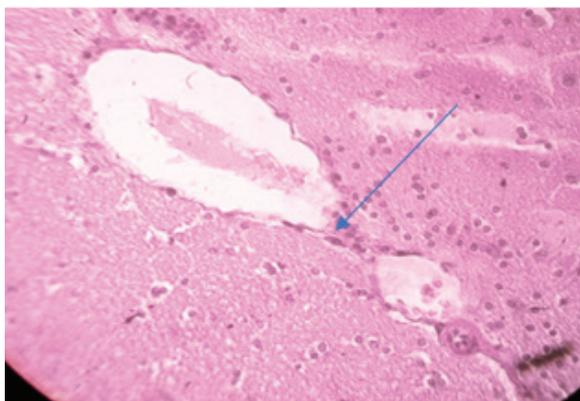


Рисунок (микрофото) 5 – Перемычка кровеносного сосуда с расширением проксимального и сужением дистального отдела. Заливка в парафин, х 400

Другие адаптационные образования – артерии замыкающего типа – характеризуются не только узким просветом и толстой стенкой, но и наличием продольных мышечных волокон в стенке под эндотелием (рисунок 6).

При исключительно жировой диете отмечается усиление артериоло-венулярных анастомозов, по которым энергия артериального потока передается энергоемкому венозному потоку. Кроме того, эти образования направляют форменные элементы крови в веноулярное звено сосудистого русла, минуя капиллярное. Поэтому наряду с капиллярами и венулами, содержащими цельную кровь, встречаются плазматические экземпляры (рисунок 7).

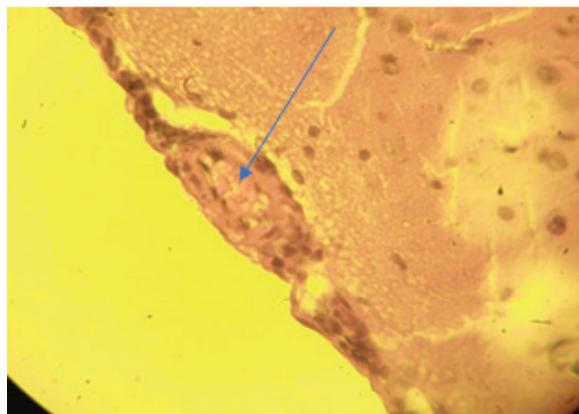


Рисунок (микрофото) 6 – Продольные мышечные волокна под эндотелием артерии сосудистой оболочки головного мозга. Заливка в парафин, х 400

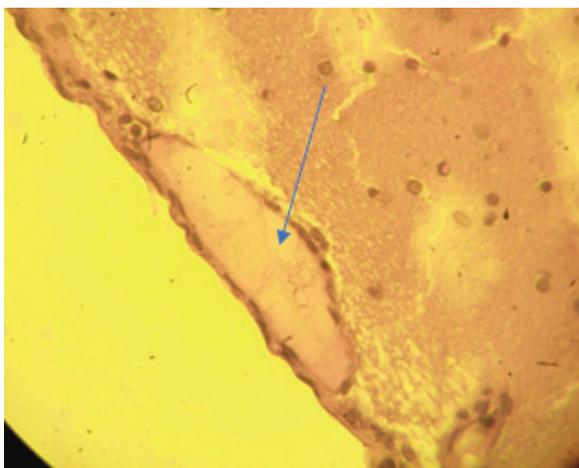


Рисунок (микрофото) 7 – Плазматическая вена сосудистой оболочки головного мозга. Заливка в парафин, х 400

Наряду с вышеописанными адаптационными структурами, встречаются патологические изменения кровеносных сосудов, которые можно разделить на внутрисосудистые, сосудистые и внесосудистые. К внутрисосудистым относятся изменения реологии крови в виде сепарации ее с краевым стоянием форменных элементов, их адгезией между собой и эндотелием. Образования фибриллярных структур свернувшейся плазмы, прикреплены к сосудистой стенке. Наблюдается закупорка просвета сосуда тромбом или жировой эмболией.

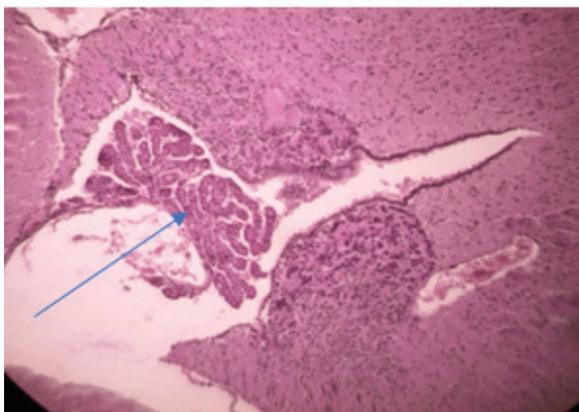


Рисунок (микрофото) 8 – Сосудистое сплетение III желудочка с анемичными синусоидами и мелкими воронками. Заливка в парафин, x 100

Изменения со стороны сосудистой стенки выражаются наличием повреждения эндотелия, дезориентацией ядер эндотелиоцитов и их набуханием, появлением вакуолей и щелей в меди, истончением и ее удлинением, либо утолщением и округлением ядер гладкомышечных клеток, разрыхлением адвентиции с нарушением ее целостности. В паравазальном окружении встречаются единичные кровоизлияния и нарушение танкториальной картины.

Сосудистые сплетения желудочков мозга выглядят анемичными, ворсинки – более мелкими, к которым прилежит отторгнутый слой эпендимальных клеток стенки желудочков (рисунок 8), а другие подвержены гиперемии (рисунок 9).



Рисунок (микрофото) 9 – Гиперемия сосудистого сплетения IV желудочка головного мозга. Заливка в парафин, x 400

Заключение. 30-дневная, исключительно жировая, диета, состоящая из 100%-го курдючного сала барана, привела к гетерогенному ремоделированию церебральных микрососудов и сосудистых сплетений желудочков головного мозга компенсаторно-приспособительного характера. При этом отмечаются внутрисосудистые, сосудистые и паравазальные изменения. Так, проксимально и дистально расположенные от перемычки отделы сосудов отвечали, по нашему мнению, приспособительной реакцией своих структурных образований. Например, проксимально – на избыточное, а дистально – на недостаточное кровенаполнение.

Для сосудистых изменений было специфичным то, что мышечные волокна, расположенные спиралевидно в стенке сосуда в виде пружины, вполне могли служить структурной основой вазомоции кровеносного сосуда и более динамического регулирования локального кровотока и в качестве сфинктерных образований.

Внутрисосудистые изменения характеризовались изменением реологии крови в виде сепарации ее с краевым стоянием форменных элементов, их адгезией между собой и эндотелием. В мелких сосудах отмечалась закупорка просвета тромбом или жировой эмболией.

К паравазальным изменениям были отнесены единичные кровоизлияния и нарушение танкториальной картины в веществе мозга.

Работа выполнена в рамках финансируемого проекта «Алиментарные дистрофические синдромы и их обратимость: нарушение и восстановление взаимосвязи на разных уровнях организации после действия диеты как ключевого фактора экспозома», одобренного Министерством образования и науки Кыргызской Республики.

Поступила: 16.12.24; рецензирована: 30.12.24;
принята: 31.12.24.

Литература

1. 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.

2. *Altynbekova A.T., Mamytova E.M., Shidakov Yu.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.
3. *Шувалова М.С.* Состояние микроциркуляторного русла головного мозга при жировом рационе / М.С. Шувалова, Ю.Х.-М. Шидаков // *Ульяновский медико-биологический журнал.* 2024; 3: 107–116. DOI: 10.34014/2227-1848-2024-3-107-116.
4. *Wali J.A., Jarzebska N., Raubenheimer D., Simpson S.J., Rodionov R.N., O'Sullivan J.F.* Cardio-Metabolic Effects of High-Fat Diets and Their Underlying Mechanisms-A Narrative Review // *Nutrients.* 2020, 12, 1505. URL: <https://doi.org/10.3390/nu12051505>.
5. *Maximilian Huttasch, Michael Roden, Sabine Kahl, Obesity and MASLD.* Is weight loss the (only) key to treat metabolic liver disease // *Metabolism,* 2024. Vol. 157. 155937. ISSN 0026-0495. URL: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2024.155937>.
6. *Zimmerman B., Kundu P., Rooney W.D., Raber J.* The Effect of High Fat Diet on Cerebrovascular Health and Pathology: A Species Comparative Review // *Molecules.* 2021 Jun 4; 26 (11): 3406.