

Министерство здравоохранения Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»

Кафедра биологической химии

Авторы:

О.С. Логвинович, заведующий кафедрой, к.б.н. доцент

А.Н. Коваль, доцент, к.б.н., доцент

А.В. Литвинчук, доцент, к.х.н.

М.В. Громыко, старший преподаватель

Н.С. Мышковец, старший преподаватель

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для проведения лабораторного занятия
по учебной дисциплине «Биологическая химия»
для студентов

2-го курса лечебного факультета,
обучающихся по специальности 7-07-0911-01 «Лечебное дело»

Тема: ЛИПИДЫ-2. ТКАНЕВОЙ МЕТАБОЛИЗМ ЛИПИДОВ: ЛИПОЛИЗ, β -ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ, МЕТАБОЛИЗМ КЕТОНОВЫХ ТЕЛ

Время: 3 часа

Утверждены на заседании кафедры биологической химии
(протокол от 29.08.2025 № 10)

Гомель, 2025

1. УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ, МОТИВАЦИЯ ДЛЯ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ, ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНОМУ УРОВНЮ ЗНАНИЙ

Основным источником жирных кислот, используемых в качестве «топлива», служит резервный жир, который содержится в жировой ткани. Считается, что триглицериды жировых депо играют такую же роль в обмене липидов, как гликоген печени в углеводном обмене, а высшие жирные кислоты по своей энергетической значимости напоминают глюкозу, образующуюся в процессе гликогенолиза. При физической работе, стрессе и других энергозатратных состояниях организма, увеличивается утилизация триглицеридов жировой ткани как энергетического резерва.

Цель занятия: изучить главные метаболические пути основных классов липидов: триацилглицеролов, жирных кислот, кетонowych тел, сформировать представления о механизмах мобилизации жира и роли гормонов в данном процессе. Воспитать у студентов чувство гордости за избранную профессию и сформировать у них культуру бережного отношения к своему здоровью.

Задачи занятия: сформировать представления о механизмах мобилизации жира и роли гормонов в данном процессе; ознакомить с метаболическими путями окисления ТАГ и глицерола, этапами β -окисления жирных кислот и метаболизмом кетонowych тел. Научиться рассчитывать энергетический баланс окисления ТАГ, глицерола и жирных кислот.

Требования к исходному уровню знаний:

Студент должен знать:

1.1 Цикл Кребса – реакции, ферменты, энергетический баланс 1.2 последовательность реакций окисления ТАГ в тканях, окисление глицерина и его энергетический баланс;

1.2 Пути передачи гормонального сигнала в клетку (аденилатциклазный, инозитолтрифосфатный механизмы).

Студент должен уметь:

1.3 Работать с полуавтоматическим биохимическим анализатором или спектрофотометром;

1.4 Работать с микропипетками.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗ СМЕЖНЫХ ДИСЦИПЛИН

2.1 Химическое строение высших жирных карбоновых кислот, насыщенных и ненасыщенных (биоорганическая химия).

2.2 Обмен липидов (физиология человека).

2.3 Устройство, принцип работы на полуавтоматическом биохимическом анализаторе (медицинская и биологическая физика).

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ ЗАНЯТИЯ

3.1 Механизм мобилизации жира (роль гормонов, цАМФ и Ca^{2+}).

3.2 Свойства и физиологическая роль свободных жирных кислот (СЖК). Транспорт СЖК в крови.

3.3 Окисление ТАГ в тканях, окисление глицерина, его энергетический баланс.

3.4 Этапы β -окисления насыщенных жирных кислот. Механизм активации и транспорта жирных кислот через митохондриальную мембрану. Роль карнитина. Особенности β -окисления ненасыщенных жирных кислот и жирных кислот с нечетным числом атомов. Энергетический баланс окисления C_{16} , C_{15} , $C_{18:2}$.

3.5 Энергетический баланс окисления тристеарата. Физиологическая роль СЖК при стрессе.

3.6 Обмен ацетил-КоА (пути образования и утилизации).

3.7 Кетоновые тела – биосинтез, утилизация, физиологическая роль.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ЗАНЯТИЯ

Лабораторная работа №1 «Определение концентрации триацилглицеролов в сыворотке (плазме) крови энзиматическим колориметрическим методом» выполняется с использованием набора реагентов для определения концентрации ТАГ в плазме крови (Витал).

5. ХОД ЗАНЯТИЯ

5.1 Введение.

5.2 Теоретическая часть занятия: рассматриваются контрольные вопросы, проводится устный опрос студентов.

5.3 Практическая часть занятия: лабораторная работа №1 «Определение концентрации триацилглицеролов в сыворотке (плазме) крови энзиматическим колориметрическим методом» выполняется экспериментально согласно инструкции.

5.4 Контроль усвоения темы. Письменная работа включает следующие вопросы:

А). Знание схемы метаболизма ацетил-КоА (А) и использования продуктов липолиза триглицеридов (Б)

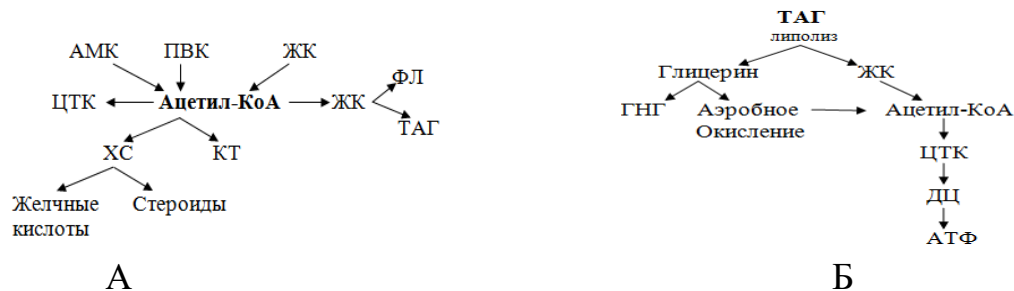


Рисунок 9 — Схемы метаболизма ацетил-КоА и использования продуктов липолиза триглицеридов

Б). Знание механизма активации гормончувствительной ТАГ-липазы

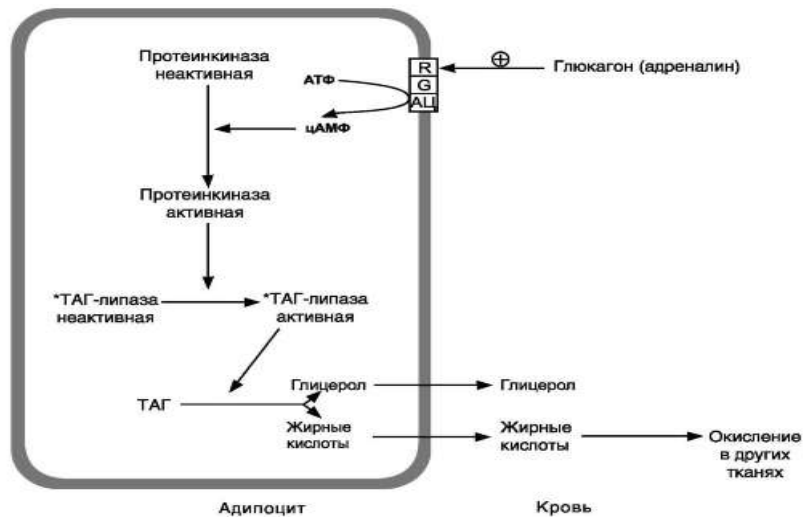


Рисунок 10 — Схема активации гормончувствительной ТАГ-липазы

В). Знание реакций катаболизма ТАГ и глицерола

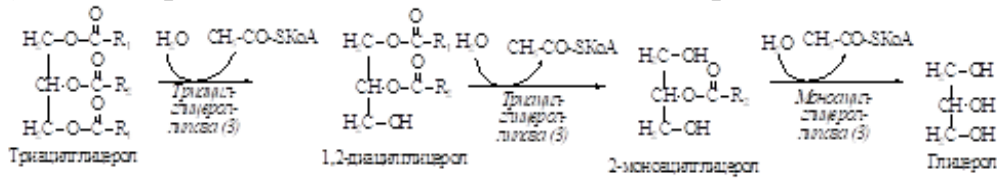
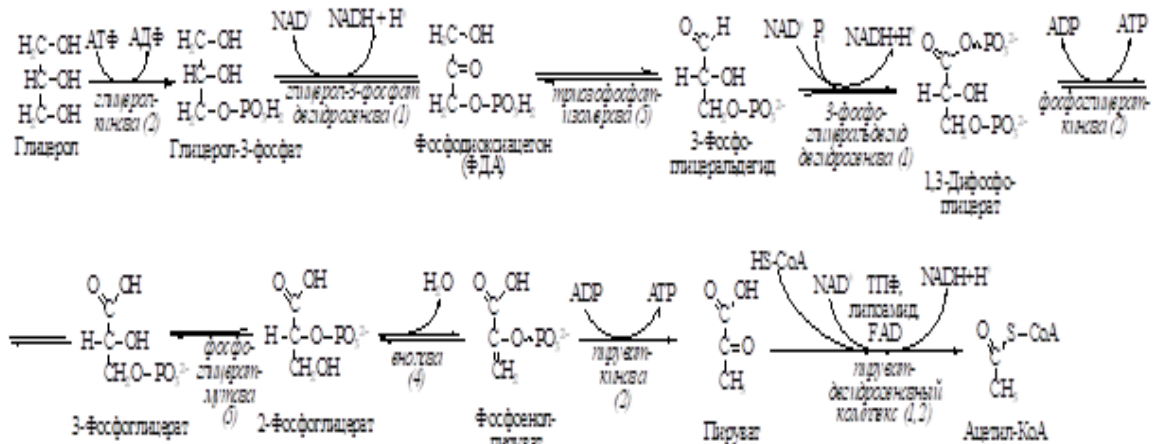


Рисунок 11 — Реакции окисления ТАГ



Баланс окисления ТАГ = Баланс окисления глицерола + баланс окисления ЖК

Глицерол: $-1+3+3+1+1+3+12=22$ АТФ

Если все 3 ЖК=C₁₆, то прибавляем $3 \times 130=390$. Общий баланс $22+390=412$ АТФ

Рисунок 12 — Окисление глицерола и его энергетический баланс.

Г). Знание реакций β -окисление жирных кислот (общие реакции):

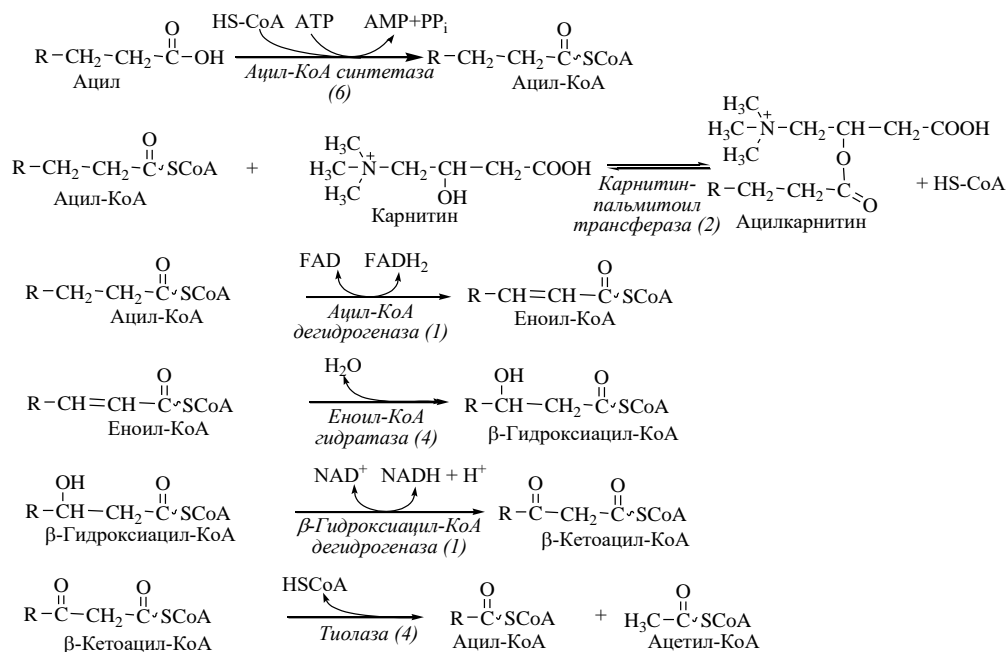


Рисунок 13 — Реакции β -окисление жирных кислот, насыщенных, с четным числом атомов углерода

Д). Знание реакций β -окисление жирных кислот с нечетным числом атомов углерода

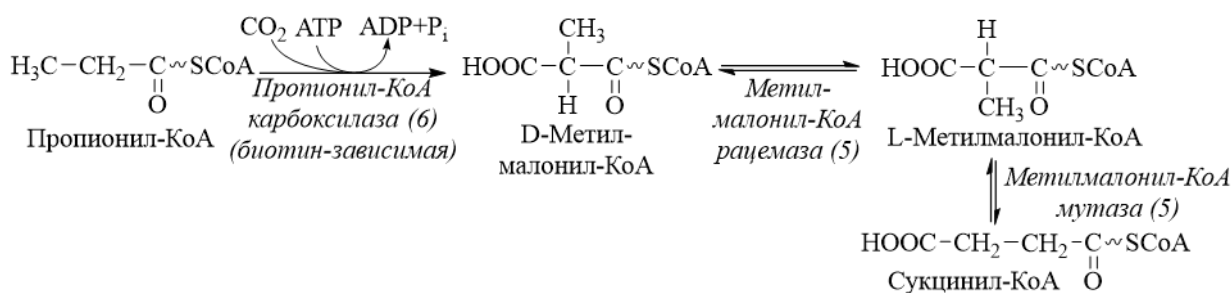


Рисунок 14 — Реакции β -окисление жирных кислот, насыщенных, с нечетным числом атомов углерода

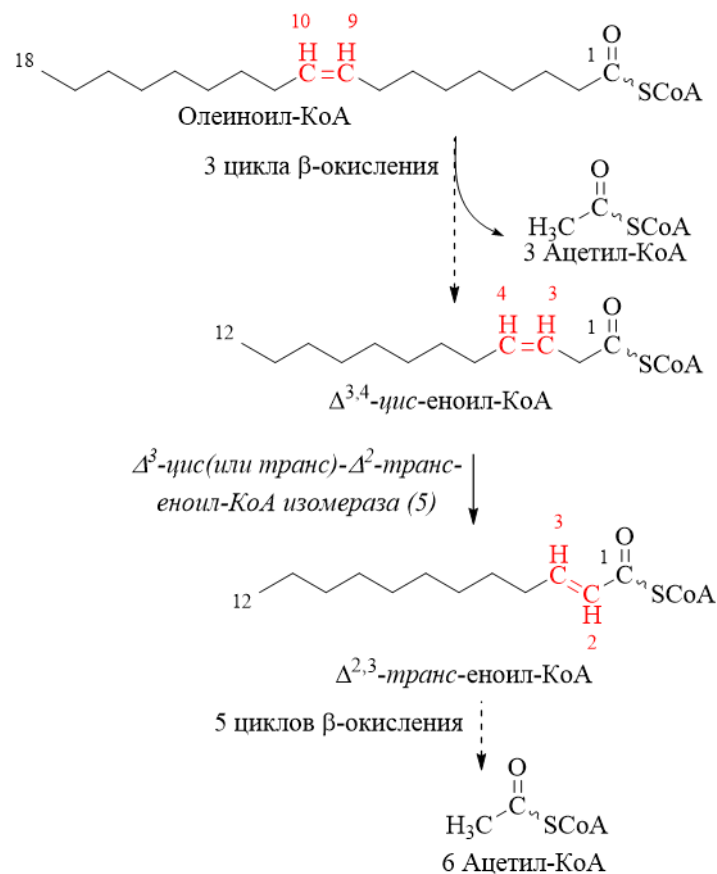


Рисунок 15 — Реакции β -окисление жирных кислот, мононенасыщенных, с четным числом атомов углерода

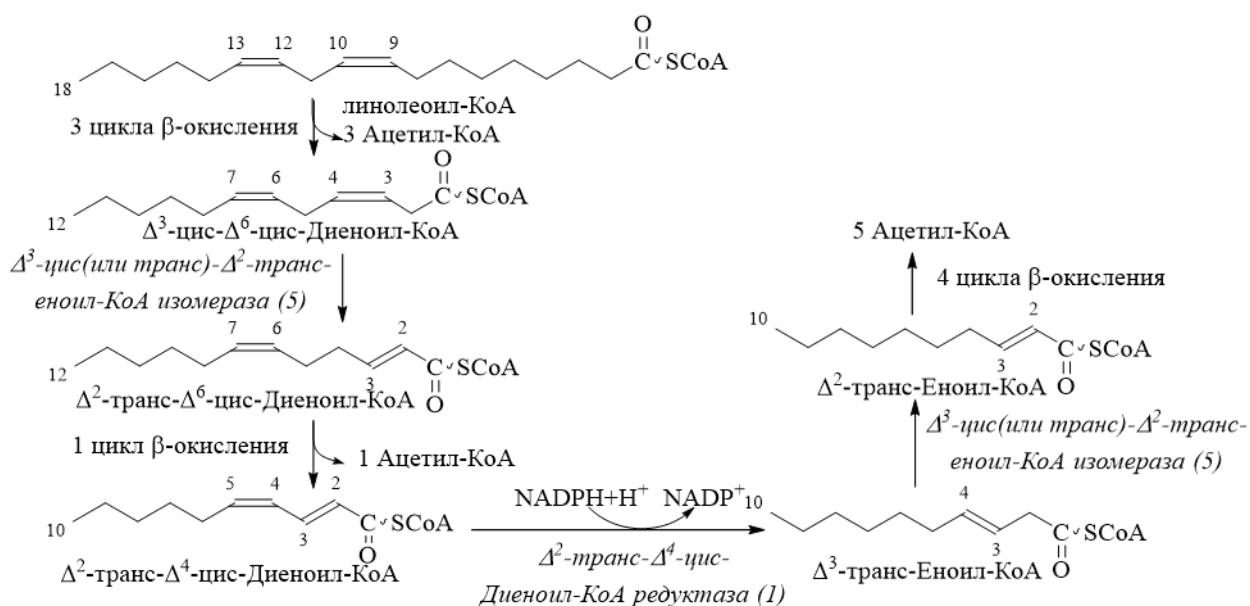


Рисунок 16 — Реакции β -окисление жирных кислот, полиненасыщенных, с четным числом атомов углерода

Е). Знание реакций метаболизма кетонových тел:

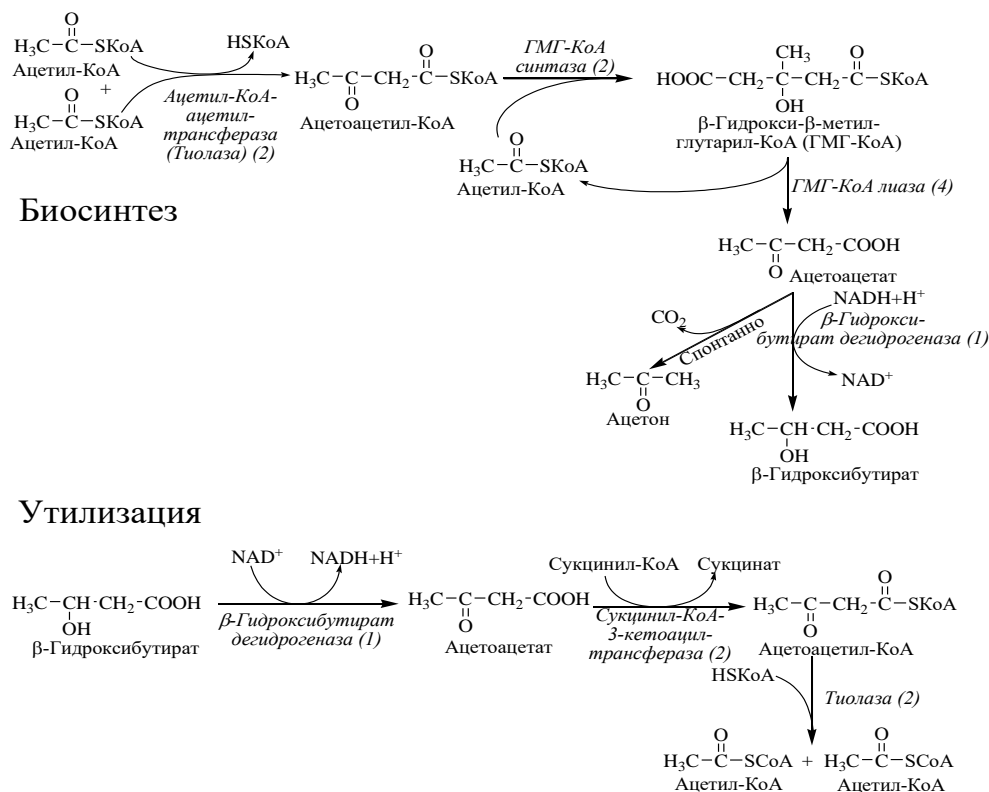


Рисунок 17 — Реакции метаболизма кетоновых тел

5.5 Заключительная часть занятия. Подведение итогов, проверка протоколов, объявление заданий к очередному занятию.

Контрольные вопросы по теме «Липиды-3» включают знание реакций биосинтеза жирных кислот (насыщенных и ненасыщенных), синтеза холестерина.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Самоконтроль знаний по теме «Липиды-2. Тканевой метаболизм липидов: липолиз, β - окисление жирных кислот, метаболизм кетоновых тел» осуществляется: согласно изданию «Биологическая химия: Рабочая тетрадь» (в 2 ч., часть 1) / Громыко М. В. [и др.]. – Гомель: ГомГМУ, 2024. – 93 с.

путём компьютерного тестирования с использованием платформы Moodle; Режим доступа: <https://dl.gsmu.by/course/view.php?id=81>. – Дата доступа: 29.08.2025

Для подготовки к компьютерному тестированию нужно использовать учебно-методическое пособие «Сборник тестовых заданий по биологической химии : учеб.-метод. пособие для студентов 2 курса всех фак-тов учреждений высш. мед. образования / И. А. Никитина [и др.]. – Гомель : ГомГМУ, 2023. – 262 с.– Режим доступа: <https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/13804>. – Дата доступа: 29.08.2025

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимия: учебник / под ред. Е.С. Северина. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – стр. 364-448. – Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970433126.html> – Дата доступа: 29.08.2025
2. Схемы и реакции основных метаболических путей: учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высш. образования, обучающихся по специальностям 1-79 01 01 "Лечеб. дело", 1-79 01 04 "Мед.-диагност. дело" / М-во здравоохранения РБ, УО "ГомГМУ", Каф. общей, биоорганической и биологической химии ; А.И. Грицук

[и др.]. – Гомель: ГомГМУ, 2018. – 127 с. – Рек. УМО по высш. мед., фармацевт. образованию. стр. 56-63. – Режим доступа: <http://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/9190> – Дата доступа: 29.08.2025

3. Сборник тестовых заданий по биологической химии. В 2 ч. Ч.1: учеб.-метод. пособие для самостоятельной работы студентов 2 курса всех фак. мед. вузов / М-во здравоохранения РБ, УО "ГомГМУ", Каф. общей, биорганической и биологической химии; А. И. Грицук [и др.]. – Гомель: ГомГМУ, 2019. – стр. 30-55. – Режим доступа: <https://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/3658> – Дата доступа: 29.08.2025

4. Биологическая химия: учебник / В.К. Кухта, Т.С. Морозкина, Э.И. Олецкий, А.Д. Таганович; под ред. А.Д.Тагановича. – Минск: Асар, М.: Издательство БИНОМ, 2008. – 688 с. – Режим доступа: https://kingmed.info/knigi/Biohimia/book_1866/Biologicheskaya_himiya-Kuhta_VK_Morozkina_TS_Taganovich_AD-2008-pdf - Дата доступа: 29.08.2025

5. Захарченко, Н. Л. Влияние солей желчных кислот на структуру модельной клеточной мембраны / Н. Л. Захарченко, Б. З. Идиятуллин, Ю. Ф. Зуев // Актуальные вопросы биологической физики и химии. – 2017. – Т. 2. – № 1. – С. 200-204. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30541330> – Дата доступа: 29.08.2025.

6. Гриценко, О. В. Speckle-tracking эхокардиография в ранней диагностике липотоксического поражения миокарда при эпикардальном ожирении / О. В. Гриценко, Г. А. Чумакова, Е. В. Трубина // Артериальная гипертензия. – 2021. – Т. 27. – № 3. – С. 269-278. – DOI 10.18705/1607-419X-2021-27-3-269-278. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46381881> – Дата доступа: 29.08.2025

7. Изменения в профиле жирных кислот печени крыс при экспериментальном неалкогольном стеатогепатите / Е. Б. Шустов, А. В. Бунят, А. Г. Платонова [и др.] // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2021. – Т. 10. – № S4. – С. 206-214. – DOI 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-206-214. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47416869> – Дата доступа: 29.08.2025

8. Содержание в сыворотке крови неэстерифицированных жирных кислот и глицерола у беременных с идиопатической желудочковой экстрасистолой / Е. А. Припачкина, А. П. Филев, А. В. Говорин, П. П. Терешков // Забайкальский медицинский вестник. – 2018. – № 1. – С. 110-114. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32779374> – Дата доступа: 29.08.2025

9. Мисюра, Е. В. Взаимосвязь дислипидемии с воспалением и инсулинорезистентностью у лиц с различной массой тела / Е. В. Мисюра // Клінічна ендокринологія та ендокринна хірургія. – 2017. – № 4(60). – С. 70-82. – DOI 10.24026/1818-1384.4(60).2017.118771. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30780221> – Дата доступа: 29.08.2025

10. Михайлов, А. А. Адипонектин и его актуальность в диагностике заболеваний / А. А. Михайлов // Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2021. – Т. 40. – № S1. – С. 99-102. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44805704> – Дата доступа: 29.08.2025

11. Прогностические признаки жировой эмболии. Исследование "случай-контроль" / А. А. Певнев, А. Ю. Яковлев, М. С. Белоус [и др.] // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. – 2021. – № 1. – С. 143-149. – DOI 10.21320/1818-474X-2021-1-143-149. – Режим доступа:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45651300> – Дата доступа: 29.08.2025

12. Осипенко, А. Н. Влияние нарушений метаболизма жирных кислот, гипоксии артериальной стенки и внутрибляшечных кровоизлияний на аккумуляцию липидов в сосудах с атеросклерозом / А. Н. Осипенко // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). – 2021. – Т. 6. – № 2. – С. 70-80. – DOI 10.29413/ABS.2021-6.2.8. – Режим доступа:

<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46186414> – Дата доступа: 29.08.2025

13. Метаболомный подход в изучении механизмов действия и оценке безопасности лекарственных средств на основе натуральных простагландинов / К. М. Шестакова, Н. В. Месонжник, Н. Е. Москалева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2021. – № 2. – С. 105-113. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46369928> – Дата доступа: 29.08.2025

14. Патогенетическая и диагностическая значимость мониторинга кишечной фракции белков, связывающих жирные кислоты, у детей с гастроинтестинальными формами пищевой аллергии / Н. Г. Приходченко, Т. А. Шуматова, А. Ни, Е. С. Зернова // Медицинский совет. – 2021. – № 11. – С. 66-71. – DOI 10.21518/2079-701X-2021-11-66-71. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46416071> – Дата доступа: 29.08.2025

15. Уровни жирных кислот сыворотки крови и мембран эритроцитов могут быть использованы как биомаркеры для оценки тяжести НАЖБП / М. В. Кручинина, М. В. Паруликова, С. А. Курилович [и др.] // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2021. – № 7(191). – С. 12-22. – DOI 10.31146/1682-8658-esg-191-7-12-22. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46582298> – Дата доступа: 29.08.2025

16. Полякова, Е. А. Роль растворимых рецепторов лептина в патогенезе ишемической болезни сердца / Е. А. Полякова // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20. – № 3(79). – С. 34-45. – DOI 10.24884/1682-6655-2021-20-3-34-45. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46589737> – Дата доступа: 20.05.2023

17. Метаболическая терапия в кардиологии с позиции доказательной медицины / И. В. Костин, О. А. Шангина, В. Г. Шелихов, // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2021. – Т. 6. – № 1. – С. 60-68. – DOI 10.23946/2500-0764-2021-6-1-60-68. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44885161> – Дата доступа: 29.08.2025

18. Стаценко, М. Е. Новые данные о хорошо известном препарате: фокус на мельдоний / М. Е. Стаценко, С. В. Туркина, Ю. Е. Лопушкова // Медицинский совет. – 2021. – № 14. – С. 110-117. – DOI 10.21518/2079-701X-2021-14-110-117. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46687290> – Дата доступа: 29.08.2025

19. Влияние биологически активных добавок на основе L-карнитина на свободнорадикальные процессы в модельных системах / Ш. Н. Галимов, Ю. Ю. Громенко, И. Д. Громенко [и др.] // Вестник урологии. – 2021. – Т. 9. – № 4. – С. 21-29. – DOI 10.21886/2308-6424-2021-9-4-21-29. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47416541> – Дата доступа: 29.08.2025

20. Диагностика и лечение дефицита 3-гидроксиацил-коа дегидрогеназы жирных кислот с длинной углеводной цепью у ребенка 8 месяцев / Е. А. Кулебина,

А. Н. Сурков, А. С. Потапов [и др.] // Российский педиатрический журнал. – 2020. – Т. 23. – № 4. – С. 274-279. – DOI 10.18821/1560-9561-2020-23-4-274-279. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43557144> – Дата доступа: 29.08.2025

21. Ющенко, А. Ю. L карнитин в реабилитации пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями / А. Ю. Ющенко // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2020. – Т. 26. – № 4. – С. 80-84. – DOI 10.37279/2413-0478-2020-26-4-80-84. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47325830> – Дата доступа: 29.08.2025

22. Летифов, Г. М. Роль метаболической энерготропной поддержки в профилактике риска развития инфекции мочевыделительной системы у детей / Г. М. Летифов, Е. П. Кривоносова, Ф. Х. Аушева // РМЖ. Мать и дитя. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 340-345. – DOI 10.32364/2618-8430-2019-2-4-340-345. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42362964> – Дата доступа: 29.08.2025

23. Вейко, А. Г. Молекулярная структура, квантово-химические параметры, механизм цитопротекторного действия и вклад функциональных групп в антиоксидантный потенциал флавоноидов / А. Г. Вейко // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2020. – Т. 19. – № 5. – С. 27-39. – DOI 10.22263/2312-4156.2020.5.27. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44144679> – Дата доступа: 29.08.2025

24. Чекалина, Н. И. Обоснование целесообразности применения полифенолов ресвератрола и кверцетина при ишемической болезни сердца и её сочетании с аутоиммунным тиреоидитом. Часть I / Н. И. Чекалина, Ю. И. Мануша // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2017. – Т. 16. – № 5. – С. 40-48. – DOI 10.22263/2312-4156.2017.5.40. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30382467> – Дата доступа: 29.08.2025

25. Чекалина, Н. И. Обоснование целесообразности применения полифенолов ресвератрола и кверцетина при ишемической болезни сердца и её сочетании с аутоиммунным тиреоидитом. Часть II / Н. И. Чекалина, Ю. И. Мануша // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2017. – Т. 16. – № 5. – С. 49-61. – DOI 10.22263/2312-4156.2017.5.49. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30382470> – Дата доступа: 29.08.2025

26. Ненартович, И. А. Реалии и перспективы кетогенной диеты в клинической практике / И. А. Ненартович // Лечебное дело: научно-практический терапевтический журнал. – 2021. – № 1(76). – С. 66-72. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45620743> – Дата доступа: 29.08.2025

27. Быков, Ю. В. Диабетический кетоацидоз у детей и подростков: от патофизиологии до профилактики / Ю. В. Быков // Забайкальский медицинский вестник. – 2021. – № 2. – С. 85-95. – DOI 10.52485/19986173_2021_2_85. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46254122> – Дата доступа: 29.08.2025

28. Ковтун, Д. И. Влияние кетогенной диеты на клетки мозга при эпилептических состояниях / Д. И. Ковтун, Е. В. Дриганец, С. А. Абибулаев // Вопросы устойчивого развития общества. – 2021. – № 12. – С. 904-908. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47568988> – Дата доступа: 29.08.2025

29. Папулина, Д. И. ГАМК и кетоновая диета / Д. И. Папулина // Медработник дошкольного образовательного учреждения. – 2020. – № 3. – С. 15-18. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43777183> – Дата доступа:

29.08.2025

30. Ненартович, И. А. Кетогенная диета: биохимическая основа и "техника безопасности" / И. А. Ненартович // Лечебное дело: научно-практический терапевтический журнал. – 2020. – № 4(74). – С. 60-66. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44234798> – Дата доступа: 29.08.2025

31. Шишмарев, К. В. Особенности показателей кислотно-щелочного состояния и кетоновых тел на разных этапах терапии диабетического кетоацидоза / К. В. Шишмарев, В. А. Валеева, А. И. Токоякова // Синергия Наук. – 2019. – № 31. – С. 1538-1544. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36907866> – Дата доступа: 29.08.2025

32. Поздеев, В. К. Классическая кетогенная диета (и ее модификации) - терапия эпилептиформных состояний, вызванных некоторыми дефектами обмена углеводов и жиров. Сообщение I. Механизмы действия кетогенной диеты / В. К. Поздеев // Психическое здоровье. – 2018. – Т. 16. – № 1(140). – С. 66-83. – DOI 10.25557/2074-014X.2018.01.66-83. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32559810> – Дата доступа: 29.08.2025

33. Поздеев, В. К. Классическая кетогенная диета (и ее модификации) - терапия эпилептиформных состояний, вызванных некоторыми дефектами обмена углеводов и жиров. Сообщение II. Применение кетогенной диеты при дефиците транспортера глюкозы GLUT1 в ЦНС и пируватдегидрогеназы / В. К. Поздеев // Психическое здоровье. – 2018. – Т. 16. – № 2(141). – С. 63-84. – DOI 10.25557/2074-014X.2018.02.63-84. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35042253> – Дата доступа: 29.08.2025

34. Поздеев, В. К. Классическая кетогенная диета (и ее модификации) - терапия эпилептиформных состояний, вызванных некоторыми дефектами обмена углеводов и жиров. Сообщение III. Метаболическая терапия эпилептиформных синдромов среднепочечными жирными кислотами / В. К. Поздеев // Психическое здоровье. – 2018. – Т. 16. – № 3(142). – С. 53-67. – DOI 10.25557/2074-014X.2018.03.53-67. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35042277> – Дата доступа: 29.08.2025

35. Поздеев, В. К. Классическая кетогенная диета (и ее модификации) - терапия эпилептиформных состояний, вызванных некоторыми дефектами обмена углеводов и жиров. Сообщение IV. Противопоказания применения кетогенной диеты / В. К. Поздеев // Психическое здоровье. – 2018. – Т. 16. – № 4(143). – С. 79-99. – DOI 10.25557/2074-014X.2018.04.79-99. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35042299> – Дата доступа: 29.08.2025