

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, к.х.н.

М.В. Громыко, старший преподаватель

Н.С. Мышковец, старший преподаватель

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

для проведения лабораторно-практического занятия  
по учебной дисциплине «Биологическая химия»

**для студентов**

2-го курса медико-диагностического факультета,  
обучающихся по специальности 7-07-0911-04  
«Медико-диагностическое дело»

**Тема:** Липиды-2. Тканевой обмен липидов: катаболизм триацилглицеролов.  
Метаболизм кетоновых тел

Время: 4 ч.

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, кетоновых 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:** дать понятие о гормональной регуляции мобилизации жира, сформировать знания об этапах окисления жирных кислот, проанализировать пути образования и утилизации ацетил-КоА, дать понятие об энергетическом балансе жирных кислот, познакомить с ролью кетоновых тел для организма, научиться определять концентрацию триглицеридов в плазме крови энзиматическим колориметрическим методом.

### **Требования к исходному уровню знаний:**

#### ***Студент должен знать:***

- 1.1. Строение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.
- 1.2. Роль липидов в организме.
- 1.3. Механизмы действия гормонов, цАМФ и  $\text{Ca}^{2+}$ .
- 1.4. Схему окисления субстратов БО.
- 1.5. Пути образования и утилизации ацетил-КоА.

#### ***Студент должен уметь:***

- 1.6. Работать с полуавтоматическим биохимическим анализатором или спектрофотометром.
- 1.7. Работать с микропипетками.
- 1.8. Рассчитывать энергетический баланс окисления ТАГ, глицерола и жирных кислот.

## 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  $\text{Ca}^{2+}$ ). Активация гормончувствительной ТАГ-липазы. Транспорт СЖК в крови, их физиологическая

роль.

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

3.3. Этапы  $\beta$ -окисления насыщенных жирных кислот. Механизм активации и транспорта жирных кислот через митохондриальную мембрану. Роль карнитина. Особенности  $\beta$ -окисления ненасыщенных жирных кислот и жирных кислот с нечетным числом атомов. Энергетический баланс окисления C16, C15, C18:2.

3.4. Энергетический баланс окисления тристеарата. Физиологическая роль СЖК при стрессе. Расчет энергетического выхода аэробного окисления 1 молекулы пальмитиновой кислоты.

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

3.6. 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 (Витал).

Лабораторная работа № 2 «Определение общих липидов в сыворотке крови сульфифосфованилиновым методом»; лабораторная работа №3 «Качественные реакции на ацетон и ацетоуксусную кислоту» выполняются согласно изданию «Биологическая химия: Рабочая тетрадь» (в 2 ч., часть 1) / Грицук А.И. [и др.]. – Гомель: ГомГМУ, 2019. – 77 с.

#### 5. ХОД ЗАНЯТИЯ

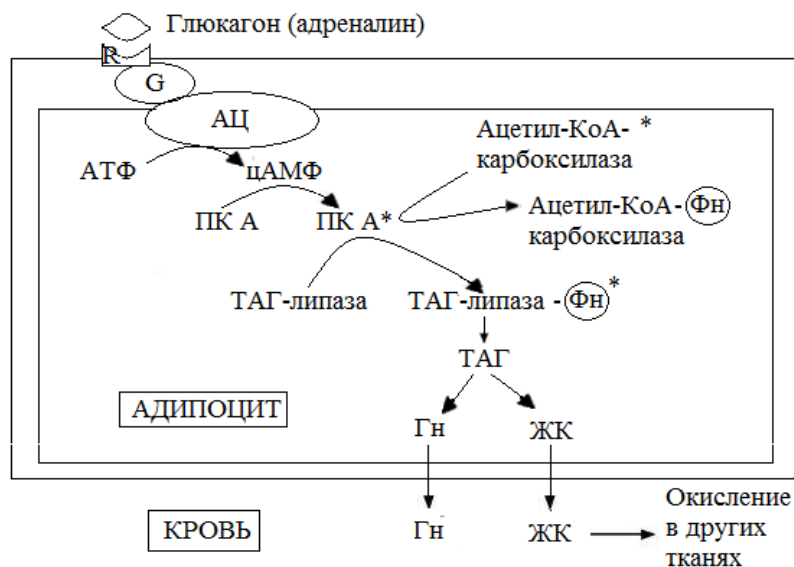
5.1. Введение

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. Лабораторная работа № 2 «Определение общих липидов в сыворотке крови сульфифосфованилиновым методом»; лабораторная работа №3 «Качественные реакции на ацетон и ацетоуксусную кислоту» выполняются с использованием рабочей тетради по биологической химии.

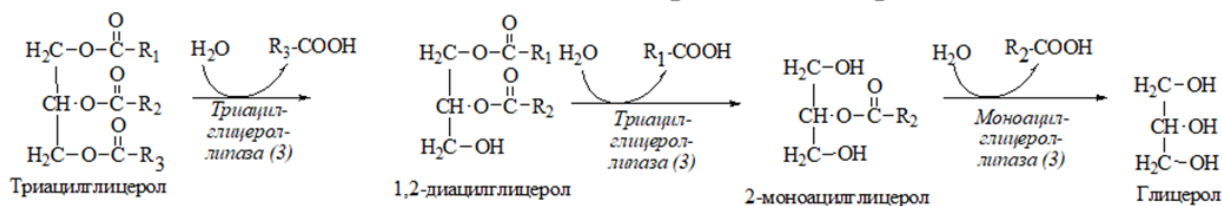
5.4. Контроль усвоения темы включает:

5.4.1 Знание схемы активации гормончувствительной ТАГ-липазы

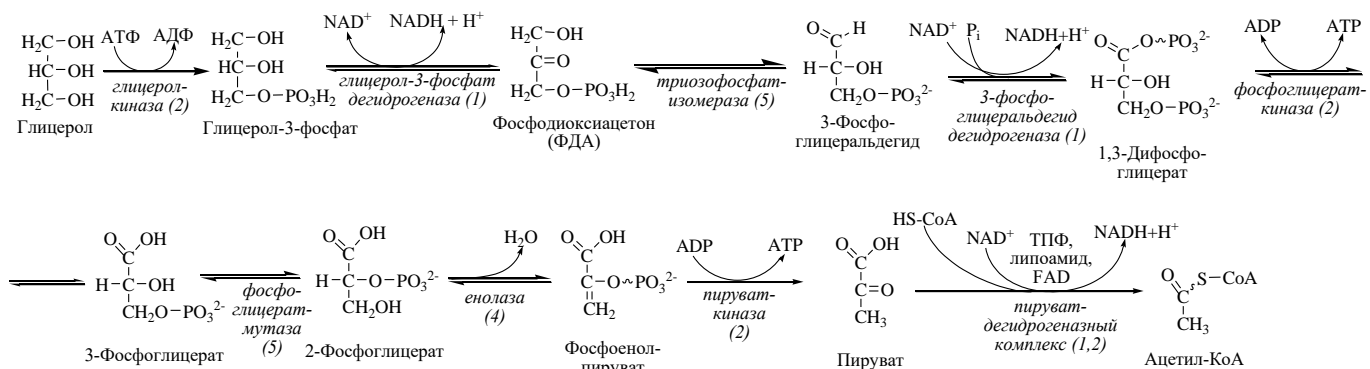


5.4.2 Знание реакций катаболизма триацилглицеролов и окисления глицерола, а также регуляции и роли данных процессов:

### Катаболизм триацилглицеролов



### Окисление глицерола (по аэробному гликолизу)



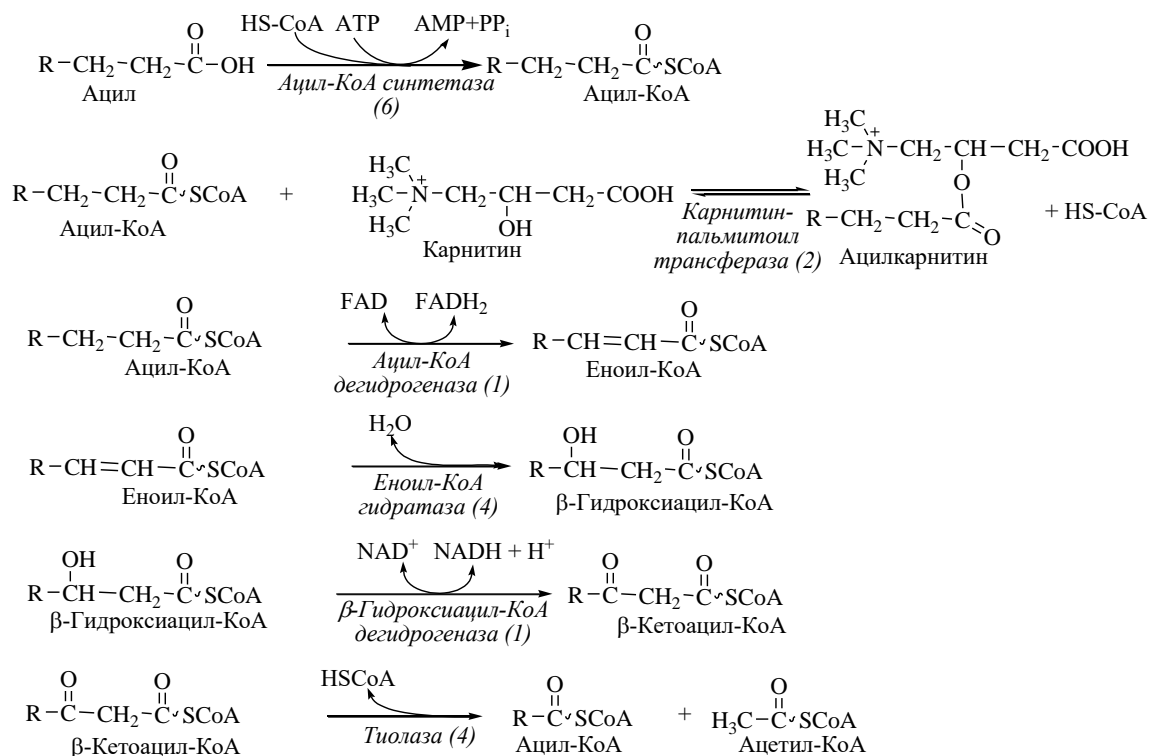
Баланс окисления ТАГ = Баланс окисления глицерола + баланс окисления ЖК

Глицерол:  $-1+3+3+1+1+3+12=22$  АТФ

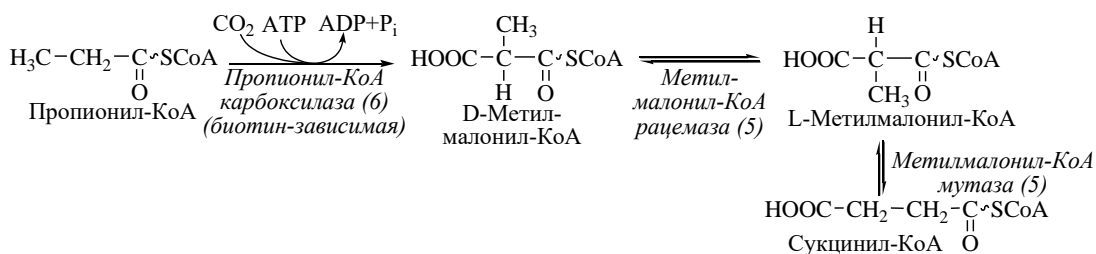
ЦТК  $\rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

5.4.3 Знание реакций  $\beta$ -окисления жирных кислот, локализации, регуляции и роли метаболического пути

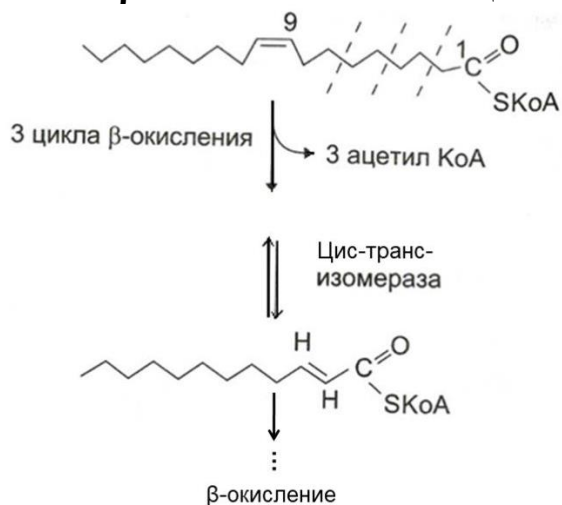
## Общие реакции окисления



## Особенности $\beta$ -окисления ЖК с нечетным числом атомов углерода



## Особенности $\beta$ -окисления ненасыщенных ЖК



#### 5.4.4 Знание реакций синтеза и катаболизма кетоновых тел, органной локализации и роли данных процессов



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: 20.05.23.

3. «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: 20.05.23.

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](https://kingmed.info/knigi/Biohimia/book_1866/Biologicheskaya_himiya-Kuhta_VK_Morozkina_TS_Taganovich_AD-2008-pdf) - Дата доступа: 20.05.23.

5. Биохимия для самостоятельной работы: 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; М. В. Громыко [и др.]. – Гомель : ГомГМУ, 2021. – 147 с. : ил., табл. – Рек. УМО по высш. мед., фармацевт. образованию. – Режим доступа : <http://elib.gsmu.by/handle/GomSMU/8625>. – Дата доступа: 20.05.2023.

6. 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: 20.05.23.

7. 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: 20.05.23.

8. 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: 20.05.23.

9. Содержание в сыворотке крови незэстерифицированных 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: 20.05.23.

10. 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: 20.05.23.

11. 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: 20.05.23.

12. 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: 20.05.23.

13. 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: 20.05.23.

14. Метаболомный подход в изучении механизмов действия и оценке безопасности лекарственных средств на основе натуральных простагландинов / К. М. Шестакова, Н. В. Месонжик, 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: 20.05.23.

15. 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: 20.05.23.

16. 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-ecg-191-7-12-22. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46582298> – Дата доступа: 20.05.23.

17. 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: 20.05.23.

18. 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: 20.05.23.

19. 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: 20.05.23.

20. 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: 20.05.23.

21. Диагностика и лечение дефицита 3-гидроксиацил-коа дегидрогеназы жирных кислот с длинной углеродной 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: 20.05.23.

22. 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: 20.05.23.

23. 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: 20.05.23.

24. 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: 20.05.23.

25. 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: 20.05.23.

26. 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: 20.05.23.

27. 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: 20.05.23.

28. 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: 20.05.23.

29. 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: 20.05.23.

30. 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: 20.05.23.

31. 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: 20.05.23.

32. 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: 20.05.23.

33. 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: 20.05.23.

34. 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: 20.05.23.

35. 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: 20.05.23.

36. 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: 20.05.23.