

**Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Костанайский государственный педагогический университет имени  
Умирзака Султангазина**

**Важева Наталия Вениаминовна  
Чернявская Ольга Михайловна**

**ПРАКТИКУМ  
ПО БИОХИМИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА**

**Учебное пособие**

**Костанай  
2020**

**УДК 796/799 (075)**

**ББК 75.1я7**

**В 12**

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Тулбаева Б.Б.** – кандидат химических наук, доцент кафедры стандартизации и пищевых технологий, Костанайский инженерно-экономический университет имени Мыржакыпа Дулатова

**Таурбаева Г.У.** – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Костанайский государственный педагогический университет имени Умирзака Султангазина

**Важева Н.В., Чернявская О.М.**

Практикум по биохимии физической культуры и спорта: учебное пособие / Н.В. Важева, О.М. Чернявская. – Костанай: Костанайский государственный педагогический университет имени Умирзака Султангазина, 2020. – 130 с.

**ISBN 978-601-7601-22-5**

Практикум представляет собой руководство к лабораторным занятиям при изучении вопросов биохимии физической культуры и спорта. Содержит методические указания к изучению дисциплины, описания теории и опытов к лабораторным занятиям, вопросы для самоконтроля, примеры тестовых заданий.

Пособие может быть использовано преподавателями и студентами физкультурной, биологической, химической специальностей педагогических вузов, а также в проведении курсов профессиональной подготовки.

**УДК 796/799 (075)**

**ББК 75.1я7**

Рекомендовано к опубликованию экспертным и научно-методическим советами университета имени Умирзака Султангазина 27 мая 2019 года, протокол №4

**ISBN 978- 601-7601-22-5**

© Важева Н.В., 2020

© Чернявская О.М., 2020

© КГПУ им. У.Султангазина, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
Методические указания к изучению дисциплины.....	5
Правила по технике безопасности при работе в химической лаборатории .....	7
<b>Раздел 1 Общая биохимия</b> .....	10
1 Химический состав организма человека. Общие закономерности обмена веществ.....	10
2 Водно-дисперсные системы организма человека.....	13
3 Ферменты и витамины.....	18
4 Биохимические превращения углеводов в организме человека...	28
5 Биохимические превращения белков в организме.....	33
6 Биохимические превращения липидов в организме человека....	38
7 Обмен воды и минеральных веществ.....	42
8 Биоэнергетика. Взаимосвязь и регуляция обмена веществ.....	46
<b>Раздел 2 Биохимия спорта</b> .....	52
9 Биохимический анализ мышечной ткани.....	52
10 Энергетика мышечной деятельности.....	56
11 Биохимические изменения в организме при работе различного характера.....	60
12 Биохимические изменения в организме при утомлении и в период отдыха.....	66
13 Биохимические закономерности спортивной тренировки.....	71
14 Биохимическая характеристика основных качеств двигательной деятельности .....	76
15 Биохимическая характеристика спортивной специализации. Биохимические основы питания спортсменов.....	79
<b>Список использованной литературы</b> .....	84
<b>Приложение</b> .....	86
Организация самостоятельной индивидуальной работы студентов	86
Примеры тестов по разделу «Общая биохимия» .....	93
Примеры тестов по разделу «Биохимия спорта».....	109
Глоссарий .....	122

## ВВЕДЕНИЕ

Биохимия физической культуры и спорта (биохимия ФКиС) изучает химический состав организма человека и химические процессы, лежащие в основе жизнедеятельности, а также биохимические изменения в организме в различные фазы мышечной деятельности.

Цель курса биохимии ФКиС – вооружить будущих специалистов по физической культуре и спорту знаниями химических основ процессов жизнедеятельности и в особенности тех биохимических процессов, которые совершаются в организме человека при занятиях физическими упражнениями и спортом.

Знание биохимии необходимо для правильного понимания закономерностей и механизмов изменений в организме человека при систематических занятиях физическими упражнениями и спортом.

Биохимия ФКиС включает два раздела:

- общую биохимию,
- биохимию спорта.

Задачи раздела «Общая биохимия» заключаются в формировании *знаний*:

- об особенностях строения, свойств и превращения химических соединений, входящих в состав организма человека;
- о соединениях, поступающих в организм человека с пищей;
- об основных биохимических процессах, составляющих основу физиологических функций.

Задачи раздела «Биохимия спорта» состоят в формировании *знаний*:

- о биохимических превращениях и биоэнергетическом обеспечении мышечной деятельности;
- о биохимической характеристике основных качеств двигательной деятельности спортсмена;
- биохимических закономерностях спортивной тренировки и проведении контроля за ходом тренировочного процесса с помощью биохимических методов;
- о биохимическом обосновании положительного влияния систематических занятий физическими упражнениями и спортом на состояние здоровья и работоспособность человека в разные возрастные периоды его жизни.

Раздел «Биохимия спорта» ориентирован также на формирование *умений* по применению полученных знаний к конкретным ситуациям.

## Методические указания к изучению дисциплины

Учебный процесс по курсу биохимии включает лекции, лабораторные занятия и самостоятельную работу студентов.

На лекциях освещаются наиболее важные вопросы программы, предлагается современная интерпретация изучаемого материала, даются установки для самостоятельной проработки студентами программного материала.

На лабораторных занятиях студенты овладевают навыками самостоятельного проведения биохимических опытов, знакомятся с некоторыми наиболее распространенными в практике физической культуры и спорта биохимическими методами экспресс-анализа, учатся использовать результаты биохимических исследований в практике физической культуры и спорта.

В лекциях по разделу «Общая биохимия» даются необходимые указания по изучению отдельных классов соединений и их превращений в организме человека. Изучение любого класса соединений нужно начинать со знакомства с основными понятиями темы и разбора химических формул, отображающих строение типичных представителей, затем переходить к рассмотрению биохимических реакций, в которых эти вещества участвуют. Для закрепления материала рекомендуется ответить на вопросы для самоконтроля.

При изучении раздела «Биохимия физических упражнений и спорта» особое внимание следует обратить на следующие вопросы:

- биоэнергетические процессы при мышечной деятельности (источники энергии при мышечной работе и пути ресинтеза АТФ; соотношение процессов аэробного и анаэробного ресинтеза АТФ в упражнениях разной мощности и длительности);

- динамика биохимических процессов в период отдыха после мышечной работы; явление суперкомпенсации при восстановлении энергетических ресурсов в период отдыха после нагрузки;

- закономерности биохимической адаптации в процессе тренировки.

Для того, чтобы в будущей спортивной деятельности уметь определять состояние тренированности и использовать биохимические факторы повышения работоспособности спортсменов, необходимо освоить не только теоретический материал, но и уметь самостоятельно проводить простейшие биохимические анализы и оценивать их результаты. Поэтому выполнение лабораторных работ является важной составной частью учебного процесса. На лабораторное занятие студент должен приходить подготовленным, т.е., должен проработать теоретический материал данной темы по конспекту лекций и по учебнику, при необходимости кратко за-

конспектировать методику проведения опытов. На лабораторном занятии вносятся наблюдения и результаты проведения опытов. В начале каждого занятия преподаватель проверяет готовность студента к занятию, отмечает особенности процедуры выполнения и техники безопасности. После этого студент приступает к выполнению лабораторных опытов, результаты которых фиксируются в лабораторной тетради. В конце занятия проставляются баллы за лабораторную работу.

Часть программы дисциплины выносится на самостоятельное изучение. Темы и содержание СРС и СРСП представлены в силлабусе. На занятиях СРСП

- проводится работа с дополнительными источниками информации на бумажных и электронных носителях по рекомендациям преподавателя,
- осуществляется консультирование студентов по вопросам, представляющим затруднения,
- сдаются выполненные задания СРС,
- проводится контроль в различных формах (тестирование, собеседование, опрос и т.д.).

Студенты, отъезжающие на соревнования или тренировочные сборы, обязаны взять задание у преподавателя на весь срок отсутствия. После приезда сдать задания и отработать пропущенные занятия.

Пособие адаптировано к кредитной технологии обучения, в него включены 15 лабораторных работ, каждая из которых содержит краткое изложение теории вопроса; практическую часть, состоящую из цели работы, списка необходимых реактивов и оборудования, описания методики эксперимента, порядка обработки экспериментальных данных и формы представления результатов; контрольные вопросы. Оно может быть полезно преподавателям и учебно-вспомогательному персоналу при постановке лабораторных работ по спецкурсам соответствующего профиля.

## **Правила по технике безопасности при работе в химической лаборатории**

### **Требования безопасного поведения в лаборатории:**

1. Ответственность за общее состояние техники безопасности, промышленной санитарии и противопожарного режима возлагается на заведующего лабораторией или лицо, замещающее его, в функциональные обязанности которого входит:

- обеспечение безопасного состояния рабочих мест, оборудования, инструмента, предохранительных устройств и приспособлений;
- проведение инструктажа по технике безопасности с персоналом и студентами;
- контроль за соблюдением правил и инструкций по технике и пожарной безопасности персоналом и студентами;
- контроль воздушной среды помещения лаборатории.

2. К работе в лаборатории могут быть допущены только лица, прошедшие инструктаж безопасности и обучение методам, правилам и инструкциям по охране труда и технике безопасности. При этом должны быть изучены:

- свойства имеющихся в лаборатории химических реактивов, технических продуктов реакции, а также веществ, получающихся в результате реакции, в особенности токсичность, огне- и взрывоопасность;
- опасные моменты при проведении работ и способы их предупреждения;
- профессиональные вредности и методы борьбы с ними;
- меры первой помощи при отравлениях, ожогах, поражении электрическим током и других несчастных случаях;
- противопожарные инструкции.

3. Лаборатория должна быть оборудована огнетушителем, асбестовым одеялом, ящиком с сухим песком и совком.

### **4. В помещении лаборатории запрещается:**

- производить какие-либо работы, не связанные непосредственно с выполнением задания;
- посторонним лицам посещать студентов, работающих в лаборатории, и отвлекать их;
- работать в лаборатории в отсутствие преподавателя или лаборанта.

**Категорически запрещается работать в лаборатории одному!**

- выносить из лаборатории и вносить в нее любые вещества без разрешения преподавателя или лаборанта;
- захламлять и загромождать проходы;
- хранить и принимать пищу на рабочем месте;
- **категорически запрещается пробовать вещества на вкус;**
- сушить какие-либо предметы на отопительных приборах;
- убирать случайно пролитые огнеопасные жидкости при зажженных горелках и включенных электронагревательных приборах.

### **Общие требования:**

1. Во время работы в лаборатории соблюдайте чистоту и порядок. Поспешность или неряшливость часто приводят к несчастным случаям.

2. Приступайте к работе только с разрешения преподавателя и после полного уяснения хода опыта. Опыты необходимо проводить в точном соответствии с их описанием в методических указаниях, особенно следить за последовательностью прибавления реактивов.

3. Для выполнения опыта пользоваться только чистой лабораторной посудой; для отмеривания каждого реактива нужно иметь особую мерную посуду (мерную пробирку, пипетку, бюретку и т.п.) Не расходуйте реактивов больше требуемого количества. Если же вы взяли случайно раствора больше чем необходимо, то не следует выливать избыток налитого в пробирку реактива обратно в склянку, чтобы не загрязнять реактивы.

4. Для нагревания реакционной смеси использовать только указанный в опыте способ нагревания: на водяной бане, на электроплитке, на спиртовке и т.п. Сильно летучие горючие вещества нельзя нагревать на открытом пламени.

5. Во время нагревания реакционных смесей отверстие сосуда должно быть направлено в сторону как от себя, так и от работающих рядом.

Нельзя наклоняться над нагреваемой жидкостью, так как ее может выбросить из сосуда.

6. Случайно пролитые реактивы нужно убирать немедленно.

7. Опыты с вредными веществами можно проводить только в вытяжном шкафу.

Концентрированные кислоты и щелочи наливать осторожно под вытяжным шкафом. Не уносить их на свои рабочие места.

8. Нельзя брать вещества руками и пробовать их на вкус. Нюхать вещества следует, держа склянку или пробирку на расстоянии и направляя движением руки воздух от сосуда к носу.

9. При попадании на кожу или одежду кислоты или щелочи смыть ее большим количеством воды, затем разбавленным раствором соды (в случае кислоты), или 2 % раствором борной или уксусной кислоты (в случае щелочи).

10. При незначительных ожогах (горячими предметами или паром) обожженное место нужно обработать этиловым спиртом или крепким раствором перманганата калия, при более тяжелых ожогах немедленно обратиться к врачу.

11. Использованные во время работы вещества, фильтры, бумагу следует выбросить в специальную емкость. Не выливать в раковину отработанные концентрированные кислоты и щелочи, их нужно сливать в особую посуду.

12. После окончания работы вымыть посуду, привести в порядок рабочее место и сдать лаборанту.

## РАЗДЕЛ 1 ОБЩАЯ БИОХИМИЯ

### 1 Химический состав организма человека. Общие закономерности обмена веществ

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Характерные реакции органических соединений с различными функциональными группами»

#### Теоретическая часть

Химический состав живых организмов разнообразен. Неорганических соединений немного, из них главное вещество – вода. Большая часть веществ живого организма – органические соединения различных классов. По степени сложности строения можно выделить низкомолекулярные соединения (спирты, альдегиды, особенно много кислот: окси- и оксокислоты, аминокислоты и т.д.), липиды как соединения со средним значением молекулярной массы, биополимеры (белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды), биокомплексы (хроматин и др.).

Химические вещества организма вступают в различные реакции. Совокупность всех реакций в организме, обеспечивающих его жизнедеятельность, называется *обменом веществ*.

Обмен веществ и энергии составляет сущность жизнедеятельности любого организма. Обмен веществ нередко обозначают термином метаболизм, процессы усвоения, синтеза веществ (ассимиляции) – анаболизм, а процессы распада веществ (диссимиляции) – катаболизм.

В организме одновременно протекают и анаболические, и катаболические реакции. Одни вещества расщепляются, другие синтезируются. Таким образом, метаболизм есть динамическое единство анаболизма и катаболизма.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности элементного состава тела человека? Какие органические соединения входят в состав организма человека?
2. Представители каких классов органических соединений входят в состав организма человека?
3. Какие функциональные группы характерны для класса спиртов, альдегидов, карбоновых кислот, аминов?
4. Приведите примеры низкомолекулярных веществ организма.
5. Назовите важнейшие высокомолекулярные органические соединения (биополимеры) организма.

6. Из каких низкомолекулярных веществ синтезируются биополимеры?
7. Что такое метаболизм? Анаболизм? Катаболизм?
8. Проведите сравнение процессов обмена веществ в организме.

## Лабораторная работа 1

### Характерные реакции органических соединений с различными функциональными группами

**Цель работы:** Познакомиться с реакциями, характеризующими химические свойства отдельных классов органических соединений.

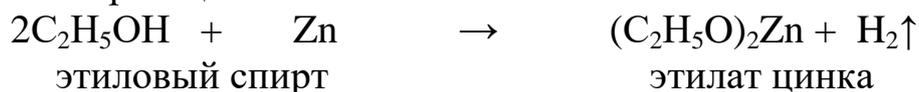
Согласно теории строения органических соединений А.М. Бутлерова свойства вещества зависят от строения вещества. Каждому классу органических соединений свойственны специфические химические реакции, которые в основном обусловлены функциональными группами и свободными (ненасыщенными) валентностями углеродной цепи. Многие биомолекулы содержат функциональные группы спиртов (-ОН), альдегидов (-СОН), кислот (-СООН).

**Оборудование и реактивы:** пробирки, пипетки, этиловый спирт, цинк металлический, 10 % -ный раствор уксусного или муравьиного альдегида, 10 % -ный раствор гидроксида натрия, 1 % -ный раствор сульфата меди, 1 % -ный раствор щавелевой кислоты, 2 % -ный раствор хлорида кальция.

**Опыт 1. Обнаружение гидроксильной группы в спиртах.** В спиртах атомы водорода гидроксильной группы способны замещаться на металл с образованием веществ, называемых алкохолятами.

В пробирку налить около 0,5 мл абсолютного этилового спирта и поместить небольшой кусочек металлического цинка, слегка нагреть. Наблюдается энергичное выделение водорода.

Уравнение реакции:



**Опыт 2. Обнаружение альдегидной группы гидроксидом меди (реакция Фелинга).** Альдегиды легко окисляются оксидами и гидроксидами тяжелых металлов, превращаясь в кислоты. Окислитель при этом восстанавливается до закиси или свободного металла.

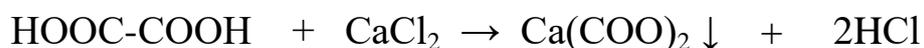
Внести в пробирку 10-15 капель 10 % раствора уксусного альдегида и 0,5 мл 10 % раствора гидроксида натрия, затем добавить 2-3 капля 1 % раствора сульфата меди до образования легкой исчезающей мути. Содержимое пробирки встряхнуть и слегка нагреть в верхней части раствора. Появляется вначале желтый осадок  $\text{CuOH}$ , а затем красный осадок  $\text{Cu}_2\text{O}$ .



Реакция Фелинга будет выполняться не только с самими альдегидами, но и с гетерофункциональными соединениями, имеющими альдегидную группу, например, с глюкозой и мальтозой.

**Опыт 3. Открытие карбоновых кислот.** Функциональной группой всех органических кислот является карбоксильная группа  $-\text{COOH}$ . Органические кислоты способны, подобно неорганическим, взаимодействовать с основными оксидами и со щелочами, образуя соли, а также вступать в обменные реакции с некоторыми солями в растворе. Например, щавелевую кислоту можно обнаружить по образованию осадка оксалата кальция.

К 1 мл 1 % раствора щавелевой кислоты добавить 5-6 капель 2 % раствора хлорида кальция. Выпадает белый кристаллический осадок оксалата кальция.



Опыты оформить в лабораторной тетради в виде таблицы, сделать общий вывод по результатам лабораторной работы.

Таблица – Характерные реакции органических соединений

Название опыта	Используемые реактивы	Уравнения реакций	Наблюдения
1	2	3	4

Общий вывод: ...

## 2 Водно-дисперсные системы организма человека

План:

1. Теоретический разбор темы.
2. Выполнение лабораторной работы «Определение рН среды. Буферные системы».

### Теоретическая часть

Вода составляет основу жидких дисперсных систем организма: крови, слюны, мочи, желудочного и кишечного сока, синовиальной и спинномозговой жидкостей, цитоплазмы, межклеточной жидкости.

**Дисперсными** называются системы, состоящие из мелко раздробленных частиц одного или нескольких веществ (дисперсной фазы), распределенных более или менее равномерно в массе другого вещества (дисперсионной среды). Вода – дисперсионная среда.

По размеру частиц дисперсной фазы (степени дисперсности) различают:

- **истинные растворы.** Они однородны, частицы в них очень малы, не оседают под действием силы тяжести; устойчивы. Дисперсная фаза – отдельные молекулы или ионы.

- **коллоидные растворы.** Дисперсная фаза – частицы (мицеллы), состоящие из множества мелких молекул или ионов. Каждая частица имеет ядро, которое окружено несколькими слоями ионов. Под действием силы тяжести не оседают, а при добавлении сильных электролитов слипаются и образуют более крупные частицы (коагулируют). Укрупнившиеся частицы выпадают в осадок (процесс называется седиментацией). Коллоидные растворы могут находиться в жидком состоянии (золи) и студнеобразном (гели). Примером перехода золя в гель является свертывание крови.

- **взвеси.** Частицы дисперсной фазы велики, под действием силы тяжести быстро оседают. Если частицы дисперсной фазы представлены твердым веществом, то взвеси называются суспензиями, если жидким – эмульсиями. В живом организме пример взвесей – водные эмульсии жиров и жироподобных веществ.

В биологических жидкостях различные виды дисперсных систем образуют сложные комбинации. Например, кровь представляет собой коллоидный раствор белков, в котором находятся кровяные клетки, жировые капли, а также истинный раствор минеральных солей, глюкозы, аминокислот, молочной кислоты и других веществ.

Вода является одной из важнейших составных частей любого живого организма. Вода – это среда, в которой происходят все химические превращения в организме.

Вода является слабым электролитом, в очень небольшой степени диссоциирует на ионы:  $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ , поэтому концентрации  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  очень малы:

В чистой воде:  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$  моль/л

В кислых растворах:  $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$

В щелочных растворах:  $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$

Кислотность или щелочность раствора можно характеризовать концентрацией ионов водорода, которая называется активной реакцией среды.

Для того, чтобы численное выражение кислотности или щелочности было более удобным в расчетах введено понятие «водородный показатель»:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$$

Таблица – Значение pH и характеристика соответствующей реакции среды

Значение pH	1 - 4	5 - 6	7	8 - 9	10 - 12
Реакция среды	Сильнокислая	Слабокислая	Нейтральная	Слабощелочная	Сильнощелочная

Величина pH существенно влияет на ход биохимических процессов. Например, переваривание белков в желудке происходит в сильнокислой среде (pH = 1,5 – 2), значение pH крови близко к нейтральному – 7,4. Изменение pH крови на несколько десятых долей приводит к серьезным нарушениям жизнедеятельности.

Для нормального протекания биохимических процессов необходимо, чтобы значения pH тканей и жидкостей организма поддерживались на определенном уровне. В то же время обмен веществ сопровождается образованием кислых и щелочных продуктов, которые могли бы изменить водородный показатель тканей и жидкостей.

Однако в организме имеются так называемые **буферные системы**, которыми поддерживается постоянство значения pH. Основная функция буферных систем – предотвращение значительных сдвигов pH путём взаимодействия буфера как с кислотой, так и с основанием.

При метаболизме в клетках образуются различные кислоты, поэтому действие буферных систем в организме направлено преимущественно на нейтрализацию образующихся кислот.

В организме одновременно существует несколько различных буферных систем: бикарбонатная, белковая, фосфатная и др.

Важной характеристикой буферной системы является **буферная емкость**, которая определяет пределы буферного действия. Количественно буферная емкость определяется числом грамм-эквивалентов сильной кислоты или щелочи, которые нужно добавить к 1 л буферного раствора, чтобы изменить рН на единицу.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие неорганические соединения и ионы входят в состав организма человека?
2. Какова роль воды в организме?
3. Какие дисперсные системы имеются в организме?
4. Что понимают под «активной реакцией среды» и «водородным показателем»?
5. Каково значение рН в кислых, щелочных и нейтральных средах?
6. В чем состоит сущность буферного действия?
7. Чем определяется величина буферной емкости?
8. Какие буферные системы имеются в организме?

### Лабораторная работа 2

#### Определение рН среды. Буферные системы

**Цель работы:** познакомиться с колориметрическим методом определения рН и свойствами буферных растворов.

**Оборудование и реактивы:** бюретки, мерные пробирки, пробирки, стеклянные палочки, химические стаканы, колбы для титрования на 100 мл, универсальный индикатор, цветная шкала для универсального индикатора; 0,1 н раствор  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; 0,1 н раствор  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ; 0,1 н раствор  $\text{HCl}$ ; 0,1 н раствор  $\text{NaOH}$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  дистиллированная; 0,5 % раствор фенолфталеина; оксалат калия (порошок).

**Опыт 1. Определение рН (активной реакции среды) различных биологических жидкостей колориметрическим методом.** Небольшие кусочки индикаторной бумаги поместить на предметное стекло, лежащее на белой бумаге.

Стеклянной палочкой, предварительно опущенной в исследуемую жидкость (мочу, слюну, желудочный сок, воду), прикоснуться к индикаторной бумаге, которая изменит окраску в зависимости от значения рН.

Сравнить окраску со стандартной шкалой, значения рН записать в тетрадь.

**Опыт 2. Определение общей кислотности мочи по методу Фолина.** Общей (титрационной) кислотностью называется общее количество кислореагирующих веществ мочи, определяемое титрованием щелочью.

Суточная величина общей кислотности мочи – от 200 до 500 мл 0,1 н кислоты.

В зависимости от питания кислотность мочи может существенно изменяться (при растительной пище она ниже, при мясной выше).

Значительно повышается кислотность мочи под влиянием физических нагрузок вследствие резкого увеличения выделения недоокисленных продуктов обмена веществ, имеющих кислотную природу (молочная кислота и другие).

Особенно это выражено при выполнении упражнений, характеризующихся работой максимальной и субмаксимальной мощности.

Принцип метода основан на предварительном удалении ионов кальция путем осаждения их оксалатом калия и титрованием мочи 0,1 н раствором гидроксида натрия с индикатором фенолфталеином до бледно – розового цвета. Ионы кальция в щелочной среде выпадают в осадок в виде оксалата кальция.

**Ход опыта.** В колбочку на 50-100 мл налить 5 мл мочи, затем внести 4 г оксалата калия ( в порошке) и 1-2 капли 0,5 % раствора фенолфталеина.

Жидкость хорошо перемешать и оттитровать 0,1 н раствором гидроксида натрия до появления розовой окраски, не исчезающей в течение одной минуты.

**Расчет.** Кислотность мочи выражают количеством мл 0,1 н раствора NaOH, необходимого для нейтрализации кислореагирующих веществ, содержащихся в моче.

Если суточное количество мочи составляет 1500 мл, а на титрование 5 мл мочи пошло 1 мл щелочи, то на нейтрализацию всех кислореагирующих веществ, содержащихся в суточной моче, требуется  $\frac{1 \cdot 1500}{5} = 300$  мл 0,1 н щелочи.

Следовательно, общая кислотность мочи будет равна 300.

**Опыт 3. Определение влияния разбавления, добавления кислоты и щелочи на значение рН буферного раствора.** Взять 4 пробирки и заполнить их растворами  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , добавить в каждую уни-

версальный индикатор, как показано в таблице. Получится 4 буферных раствора с одинаковым значением рН.

Затем прибавить в 1-ю пробирку HCl, во 2-ю – NaOH, в 3-ю – дистиллированную воду.

Таблица – Схема выполнения опыта

Реактивы	Номер пробирки			
	№1	№2	№3	№4
CH <sub>3</sub> COOH 0,1н	1,5 мл	1,5 мл	1,5 мл	1,5 мл
CH <sub>3</sub> COONa 0,1н	3,5 мл	3,5 мл	3,5 мл	3,5 мл
Универсальный индикатор	3 капли	3 капли	3 капли	3 капли
HCl 0,1н	3-4 капли			
NaOH 0,1н		3-4 капли		
Дист. H <sub>2</sub> O			1 мл	
Значение рН				

Сравнить окраску во всех четырех пробирках.

Изменилась ли она?

Взять еще две пробирки, налить в них по 5 мл дистиллированной воды и добавить в одну 3-4 капли HCl, а в другую – 3-4 капли NaOH, затем в каждую по 3 капли универсального индикатора.

Полученную окраску сравнить со шкалой. Каково значение рН в пробирках?

Объясните результаты опытов, используя свойства буферных растворов. Выводы запишите в тетрадь.

### 3 Ферменты и витамины

План:

1. Теоретический разбор темы.
2. Выполнение лабораторных работ:
  - «Обнаружение ферментов и их свойства»;
  - «Качественные реакции на витамины».

## Теоретическая часть

Ферменты – биокатализаторы белковой природы, ускоряющие протекание всех химических реакций в организме.

Ферменты характеризуются специфическими свойствами, отличающими их от катализаторов небелковой природы. Они обладают высокой активностью и узкой специфичностью, избирательностью действия.

Активность ферментов зависит от температуры, рН среды, присутствия активаторов и ингибиторов.

По строению ферменты делят на ферменты – протеины (однокомпонентные) и ферменты – протеиды (двухкомпонентные).

В разное время возникли различные наименования белковой части и добавочной группы в двухкомпонентных ферментах. Все они до сих пор употребляются в литературе. Например:

<u>Фермент в целом</u>	<u>Белковая часть</u>	<u>Добавочная группа</u>
Холофермент	Апофермент	Кофермент

Добавочную группу, прочно связанную и не отделяемую от белковой части, называют протетической группой; в отличие от этой добавочную группу, легко отделяющуюся от апофермента и способную к самостоятельному существованию, обычно именуют коферментом.

Многие важные коферменты являются производными водорастворимых витаминов.

Витамины – природные, биологически активные низкомолекулярные органические соединения, различные по строению и физико-химическим свойствам, но абсолютно необходимые для нормальной жизнедеятельности человека, животных, птиц, растений, микроорганизмов.

Потребность в витаминах организмы удовлетворяют по-разному: растения синтезируют все необходимые им витамины, человек и животные получают их с пищей в готовом виде или в виде провитаминов – предшественников, из которых образуются соответствующие витамины.

Некоторые витамины синтезируются микроорганизмами, населяющими кишечник человека, удовлетворяя частично или полностью потребности организма.

Витамины делятся на водо- и жирорастворимые.

Водорастворимые витамины тесно связаны с ферментами, многие из них принимают участие в построении небелковых групп ферментов и, тем самым, оказывают влияние на жизнеспособность организма. Жирорастворимые витамины участвуют в ряде окислительно-восстановительных реакций, регуляции проницаемости мембран и многих биохимических процессов.

Отсутствие или недостаток в пище витаминов приводят к нарушениям обмена веществ и, в конечном счете, заболеваниям, получившим название гиповитаминозов и авитаминозов.

Перед современной пищевой промышленностью стоит задача не только производство достаточного количества разнообразных, но и полноценных продуктов питания. Важная роль в этом принадлежит витаминам. Добавление витаминов имеет целью ревитаминизацию, стандартизацию, обогащение и специальное воздействие при технологической переработке и хранении продуктов.

Ревитаминизация – это добавление витаминов в сырье, которое теряет их при переработке (добавление витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub> к пшеничной муке высшего сорта и обрубленному рису, а также витаминов А и Д к обезжиренному молоку).

Стандартизация и обогащение витаминами применяется при производстве фруктовых соков. Во многих странах, в зимнее время, к молоку добавляют витамин А или каротины. Витамин А и Д вносятся при изготовлении маргаринов, халвы и т.д. Каротины добавляются как красящие вещества при производстве сливочного масла. Витамины С и Е, обладающие свойствами антиоксидантов, используются для стабилизации продуктов: витамин С – для предотвращения окисления напитков (пива, вина, фруктовых соков), а витамин Е – жиров и масел.

Таблица – Связь между витаминами и коферментами

Витамины		Коферменты	Класс ферментов, ускоряемые реакции
1	В <sub>1</sub> – тиамин	ТПФ – тиаминпирофосфат	Лиазы (декарбоксилирование – отщепление СО <sub>2</sub> от кетокислот)
2	В <sub>2</sub> – рибофлавин	ФАД–флавинадениндинуклеотид	Оксидоредуктазы (отдача и присоединение атомов Н)
3	В <sub>3</sub> – пантотеновая кислота	КоА-коэнзим А (HS-КоА)	Трансферазы (перенос ацильных групп)
4	В <sub>5</sub> (РР) – никотинамид, ниацин	НАД <sup>+</sup> (НАДФ <sup>+</sup> ) – никотинамид-адениндинуклеотид (фосфат)	Оксидоредуктазы (отдача и присоединение атомов Н)
5	В <sub>6</sub> – пиридоксин, пиридоксол, пиридоксаль	ПФ-пиридоксальфосфат	Трансферазы (перенос NH <sub>2</sub> – группы) Лиазы (декарбоксилирование аминокислот)

6	V <sub>12</sub> – цианкобаламин	Кобамидные коферменты	Трансферазы (перенос CH <sub>3</sub> -группы в биосинтезе метионина). Изомеразы (внутримолекулярный перенос H)
7	V <sub>c</sub> – фолиевая кислота, фолат	ТГФК 5,6,7,8-тетрагидрофолиевая кислота	Трансферазы (перенос одноуглеродных фрагментов – –CH <sub>3</sub> , >CH <sub>2</sub> , –COH, –CH <sub>2</sub> OH в синтезе метионина и серина, пиримидиновых и пуриновых нуклеотидов)
8	H – биотин	Биотин	Лигазы (карбоксилирование – присоединение CO <sub>2</sub> к ПВК и ацетил КоА)

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятия «фермент».
2. Какой участок молекулы фермента называется активным центром? Коферментом? Апоферментом? Какова роль этих структур в ферментативном катализе?
3. На чем основывается классификация ферментов? Приведите примеры ферментов различных классов.
4. Что такое витамины? По какому признаку классифицируются витамины?
5. Назовите основных представителей жирорастворимых и водорастворимых витаминов. Какова их роль в регуляции обмена веществ?
6. Какова потребность организма в витаминах и от чего она зависит? Какие наблюдаются состояния организма в зависимости от обеспеченности витаминами?
7. В чем заключается коферментная функция водорастворимых витаминов?
8. Какие витамины обладают анаболическим эффектом?
9. Какие витамины обладают антиоксидантным действием?
10. Какие витамины участвуют в энергообеспечении скелетных мышц?

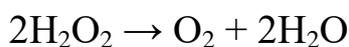
### Лабораторная работа 3 Обнаружение ферментов и их свойства

**Цель работы:** познакомиться с реакциями обнаружения ферментов и их некоторыми свойствами

**Оборудование и реактивы:** пробирки, мерные пробирки или цилиндры на 10 мл, водяная баня, индикаторная бумага, лучинки, мышечная кашица; 3 % раствор перекиси водорода; 0,5 %-ный крахмальный клейстер; раствор Люголя (I<sub>2</sub> в KI); 0,1 н раствор HCl; 0,1 н раствор NaOH;

**Опыт 1. Обнаружение каталазы в мышечной ткани.** Фермент каталаза относится к классу оксидоредуктаз. Этот фермент содержится во всех тканях и жидкостях организма, но особенно много его в строме эритроцитов и печени.

Каталаза ускоряет реакцию разложения токсичной для организма перекиси водорода, которая образуется в процессе окисления некоторых веществ, на молекулярный кислород и воду.



Проявление действия каталазы хорошо известно из повседневной жизни.

При промывании порезов или ран перекисью водорода происходит как бы «вскипание», бурное выделение пузырьков газа из перекиси водорода, смешавшейся с кровью. Это происходит вследствие выделения O<sub>2</sub> в результате разложения перекиси водорода каталазой крови.

В пробирку поместить 0,5 мл мышечной кашицы, добавить 1 мл дистиллированной воды и 1 мл 3 %-ного раствора перекиси водорода. Осторожно встряхнуть пробирку и наблюдать бурное выделение кислорода.

Подтвердить, что выделяется именно кислород, опустив в пробирку тлеющую лучинку, которая должна ярко вспыхнуть.

**Опыт 2. Обнаружение амилазы в слюне.** Фермент α-амилаза относится к классу гидролаз и является наиболее важным ферментом в составе слюны.

Поскольку α-амилаза ускоряет гидролиз крахмала, ее можно обнаружить по исчезновению из реакционной среды крахмала.

В две пробирки налить по 1 мл 0,5 %-ного крахмального клейстера, затем в 1-ю добавить 1 мл слюны, во 2-ю – 1 мл воды.

Оставить пробирки на 10 минут при комнатной температуре, затем в каждую добавить по 1 капле раствора Люголя.

В 1-ой пробирке содержимое приобретает окраску самого иода (крахмал расщепился под действием α-амилазы), во 2-ой пробирке темно-синяя окраска указывает на наличие крахмала.

**Опыт 3. Зависимость активности амилазы от рН среды.** Большинство ферментов проявляет максимальную активность при значениях рН, близких к 7. Каждый фермент обладает рН-оптимумом – значением водородного показателя, при котором он наиболее активен.

В опыте сравнивается активность фермента амилазы в кислой, щелочной и нейтральной среде.

Три пронумерованные пробирки заполняют растворами в таком порядке, как указано в таблице 1.

Рабочий раствор слюны (1:10) готовят, добавляя к 1 мл слюны 9 мл дистиллированной воды и хорошо перемешивая.

Таблица 1 – Схема выполнения опыта

Реактивы	Номер пробирки		
	№1	№2	№3
рабочий раствор слюны	10 кап	10 кап	10 кап
р-р HCl		1 кап	
р-р NaOH			1 кап
0,5 % р-р крахмала	10 кап	10 кап	10 кап

Во всех пробирках универсальной индикаторной бумагой определяют значение рН.

Все пробирки помещают на 5 минут в водяную баню при 40 °С, затем во все пробирки добавляют по 2 капли раствора Люголя.

Содержимое первой пробирки окрашивается в желтый цвет, во второй и третьей пробирках – в темно-синий цвет.

Результаты опыта оформить в виде таблицы 2 и сделать соответствующие выводы.

Таблица 2 – Отчет по лабораторной работе

№ пробирки	Субстрат	Фермент	рН среды	Окраска после добавления раствора Люголя
1				
2				
3				

Общий вывод по работе: ...

## **Лабораторная работа 4**

### **Качественные реакции на витамины**

Обнаружение витаминов в пищевых продуктах и биологических объектах преимущественно основано на их способности давать цветные реакции с определенными химическими веществами.

Качественные реакции – это реакции, характерные для одного вещества или определенной группы веществ.

Отдельные витамины можно определить с помощью специфических качественных реакций в составе продуктов питания или в составе поливитаминного аптечного препарата.

Представлены опыты по обнаружению некоторых витаминов. Вместо индивидуальных витаминов можно использовать растворы поливитаминных препаратов «Гексавит», «Ундевит» и др.

**Цель работы:** Познакомиться с реакциями обнаружения витаминов, убедиться в наличии отдельных витаминов в поливитаминных препаратах.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, растворы витаминов, концентрированная  $H_2SO_4$ , концентрированная  $HCl$ , металлический цинк, 1 % раствор  $FeCl_3$ , основной раствор сульфаниловой кислоты, 5 % раствор  $NaNO_2$ , 10 % раствор  $Na_2CO_3$ , 10 % раствор  $KOH$ , 5 % раствор  $K_3[Fe(CN)_6]$ , 10 % раствор  $HCl$ .

**Примечание.** Опыты выполняются как демонстрационные по индивидуальным заданиям.

**Опыт 1. Реакции витамина А (ретинол).** Это ненасыщенный гидроароматический спирт, со стоящий из  $\beta$ -иононового кольца и боковой цепи, представленной двумя остатками изопрена и первичной - спиртовой группой.

Не растворим в воде, хорошо растворяется в жирах и органических растворителях. Содержится только в животных продуктах, особенно им богаты рыбий жир, сливочное масло, печень.

В растениях находятся окрашенные в желтый или оранжевый цвет пигменты – каротины, которые могут в животном организме превращаться в витамин А.

**А) Обнаружение витамина А по реакции Друммонда с концентрированной серной кислотой.** В сухую пробирку по стенке налить 3 капли масляного раствора витамина А или рыбьего жира. Вслед за этим сюда же осторожно поместить каплю серной кислоты.

В месте соприкосновения витамина А с серной кислотой появляется фиолетовое окрашивание, переходящее в вишнево-красное.

**Б) Реакция с серной кислотой.** В сухой пробирке 3-4 капли рыбьего жира или раствора витамина А в масле растворяют в 12-15 каплях хлороформа и прибавляют 3-4 капли концентр.серной кислоты. Появляется голубое окрашивание, переходящее в буро-красное.Химизм реакции окончательно не выяснен.

**В) Реакция с раствором хлорного железа.** В раствор рыбьего жира или витамина А в масле добавляют 5 капель 1 % раствора хлорного железа. Появляется ярко-зеленый цвет.

**Г) Реакция с сульфатом железа (II).** К 2-3 каплям рыбьего жира или раствора витамина А в масле добавляют 10-15 капель ледяной уксусной кислоты, насыщенной сульфатом железа (II) и 2-4 капли концентрированной серной кислоты. Реакцию проделывают в сухой пробирке.После перемешивания содержимого появляется голубое окрашивание, постепенно переходящее в розово-красное.

**Опыт 2. Качественная реакция на витамин Е с  $FeCl_3$ .** В сухую пробирку внести 0,5 мл спиртового раствора витамина Е, добавить 0,5 мл 1 %-ного раствора  $FeCl_3$  и тщательно перемешать содержимое пробирки. Появляется красное окрашивание.

**Опыт 3. Реакция на витамин  $B_1$  с диазореактивом.** К 5 каплям основного раствора сульфаниловой кислоты прибавить 5 капель 5 %-ного раствора нитрита натрия.

К полученному раствору диазореактива добавить 0,5 мл раствора тиаминхлорида и 5-7 капель 10 %-ного раствора карбоната натрия. Жидкость окрашивается в розовый цвет.

**Опыт 4. Качественная реакция на витамин  $B_2$ .** К 0,5 мл раствора рибофлавина добавить 5 капель концентрированной соляной кислоты и небольшой кусочек металлического цинка.

Выделяющийся водород восстанавливает рибофлавин, сначала жидкость окрашивается в розовый цвет, а затем обесцвечивается.

При взбалтывании раствора бесцветный лейкофлавин вновь окисляется кислородом воздуха в рибофлавин.

**Опыт 5. Качественная реакция на витамин С.** Витамин С существует в окисленной (L-дегидроаскорбиновая кислота) и восстановленной (L-аскорбиновая кислота) формах. Несмотря на это, его называют аскорбиновой кислотой.

Обе формы витамина С обладают биологической активностью, участвуют в ферментативных окислительно-восстановительных реакциях, в частности, в окислении молочной, лимонной и других оксикислот; в гидроксигировании остатков пролина и лизина в молекуле проколлагена с образованием гидроксипролина и гидроксилизина в молекулах коллагена и эластина.

Биохимическая функция аскорбиновой кислоты окончательно не известна.

Человек, приматы и морские свинки не способны синтезировать аскорбиновую кислоту и должны получать ее с пищей. Большинство других видов животных и, вероятно, все растения могут синтезировать это соединение из глюкозы. Микроорганизмы не содержат аскорбиновой кислоты и не нуждаются в ней.

Источником витамина С для человека служат самые разнообразные продукты растительного происхождения. Особенно много ее содержат черная смородина, плоды шиповника, хвоя ели и сосны, капуста, картофель, облепиха, рябина, красный перец, лимоны, черемша и др.

Определение витамина С основано на его способности легко вступать в окислительно-восстановительные реакции, восстанавливать, например, метиленовую синь, 2,6-дихлорфенолиндофенол натрия (краску Тильманса), гексациано-(III)-феррат калия, нитрат серебра, йод и др.

**А) Качественная реакция на витамин С с гексациано-(III)ферратом калия.** Аскорбиновая кислота восстанавливает гексациано-(III) феррат калия  $K_3[Fe(CN)_6]$  до гексациано-(II)-феррата калия  $K_4[Fe(CN)_6]$ , который с ионом железа  $Fe^{3+}$  образует в кислой среде  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  - берлинскую лазурь.

К 1 мл раствора аскорбиновой кислоты прибавить 2 капли 10 %-ного раствора гидроксида калия, 2 капли 5 %-ного раствора  $K_3[Fe(CN)_6]$  и энергично встряхнуть содержимое пробирки.

Затем в пробирку добавить 6-8 капель 10 %-ного раствора соляной кислоты и 1-2 капли раствора хлорида железа (III), выпадает синий (или зеленовато-синий) осадок берлинской лазури.

**Б) Качественная реакция на витамин С с индофеноловым реактивом.**

**Реактивы.** Раствор 2,6-дихлорфенолиндофенола натрия (краска Тильманса или индофеноловый реактив): в мерную колбу на 500 мл вносят 150 мг 2,6-дихлорфенолиндофенола натрия и 200-300 мл воды, энергично встряхивают до растворения реактива, объем доводят до метки водой, перемешивают и фильтруют через бумажный фильтр в сухую склян-

ку из темного стекла. Раствор хранят в холодильнике не более трех суток; раствор Люголя; растворы с массовыми долями 2 % соляной кислоты и 0,5 % аскорбиновой кислоты.

**Ход работы.** В две пробирки вносят по 10 капель дистиллированной воды и по 3 капли: в первую – раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола (индофенолового реактива), во вторую – раствора Люголя.

Затем в первую пробирку добавляют 5 капель 0,5 % раствора аскорбиновой кислоты, во вторую – воды (контроль).

В пробирке аскорбиновой кислоты растворы индофенолового реактива и Люголя обесцвечиваются.

**Опыт 6. Качественная реакция на витамин D.** Витамин D – группа соединений, принимающих участие в регуляции форфоро-кальциевого обмена и процесса образования костей.

Не растворим в воде, растворяется в жирах и органических растворителях.

Этот витамин можно рассматривать как производное циклических спиртов – эргостерола и 7-дегидростерола, являющихся его провитаминами.

Превращение названных провитаминов в витамин D происходит под действием ультрафиолетовых лучей.

Источниками витамина D для человека служат: рыбий жир, печень, молоко, сливочное масло, желток яиц.

**Реактивы.** Рыбий жир или раствор витамина А в масле; раствор витамина Д в масле; хлороформ; концентрированная серная кислота; уксусная кислота ледяная; сульфат железа (II); 1 % раствор хлорного железа; смесь анилина с концентрированной соляной кислотой (15:1 по объему); раствор брома в хлороформе (1:60 по объему); насыщенный раствор сульфата меди в ледяной уксусной кислоте.

**А) Реакция с анилином.** В сухой пробирке смешивают 4 капли рыбьего жира или раствора витамина Д в масле с 20 каплями хлороформа, добавляют при помешивании 10 капель смеси анилина с концентрированной соляной кислотой.

Пробирку ставят на кипящую водяную баню на 30-60 секунд.

При нагревании содержимое пробирки приобретает красную окраску.

**Б) Реакция с бромом (йодом).** В сухую пробирку вносят 5 капель рыбьего жира или раствора витамина Д в масле, добавляют 5 капель раствора брома (йода) в хлороформе и перемешивают.

Смесь в пробирке постепенно окрашивается в зелено-голубой цвет.

**Опыт 7. Качественная реакция на витамин (В<sub>5</sub>) РР.** Витамин РР (витамин В<sub>5</sub>, никотиновая кислота и никотинамид, ниацин) по химической природе является пиридинкарбоновой кислотой, никотинамид – амидом этой кислоты.

Биологическая роль витамина РР заключается в том, что никотинамид служит компонентом двух близких по структуре коферментов – **никотинамидадениндинуклеотида (НАД) и никотинамидадениндинуклеотидфосфата (НАДФ)**, участвующих в окислительно-восстановительных реакциях.

Источником витамина В<sub>5</sub> для человека служат: хлеб, мясо, рыба, печень и почки животных и многие другие продукты.

Установлено, что некоторое количество никотиновой кислоты синтезируется в организме человека и животных из триптофана при участии витамина В<sub>6</sub> (пиридоксина).

Никотиновая кислота при нагревании с раствором ацетата меди образует синий осадок плохо растворимой медной соли.

**Реактивы.** Никотиновая кислота (порошок); растворы с массовыми долями: уксусной кислоты 10 %, ацетата меди 5 %; вода дистиллированная.

**Ход работы.** В пробирку вносят на кончике скальпеля порошок никотиновой кислоты и приливают 1 мл раствора с массовой долей уксусной кислоты 10 %.

Содержимое пробирки нагревают до кипения (никотиновая кислота должна раствориться) и к горячему раствору добавляют 1 мл раствора с массовой долей ацетата меди 5 %.

При постепенном охлаждении раствора выпадает синий осадок медной соли никотиновой кислоты.

Результаты проделанных с витаминами опытов записывают и делают выводы.

#### **4 Биохимические превращения углеводов в организме человека**

План:

1. Теоретический разбор темы.
2. Выполнение лабораторных работ:  
- «Качественные реакции на углеводы и продукты их обмена»;

- «Ферментативный гидролиз крахмала под действием  $\alpha$ -амилазы слюны».

### Теоретическая часть

Углеводы – большая группа органических соединений, которые по химической природе являются альдегидами или кетонами многоатомных спиртов и их производными.



К **моносахаридам** относятся углеводы и их производные, которые не способны расщепляться без потери основных углеводных свойств.

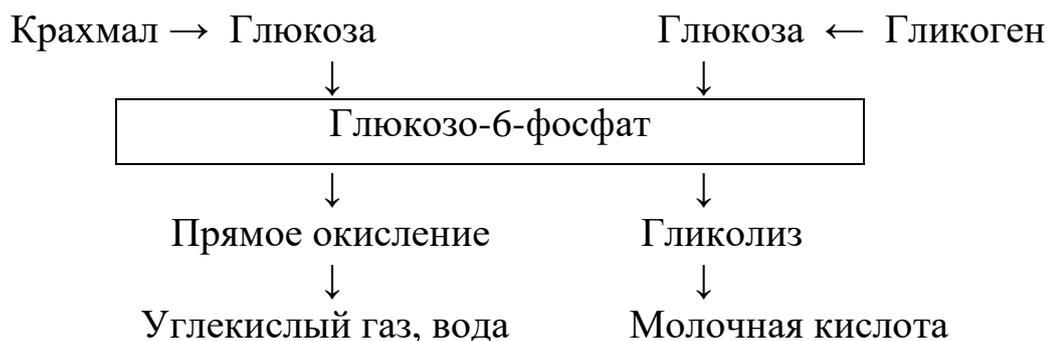
**Олигосахариды** гидролизуются с образованием небольшого числа моносахаридов (от 2 до 10).

**Полисахариды** (гликаны) представляют собой высокомолекулярные полимеры моносахаридов и их производных. Число остатков моносахаридных единиц в них от 10 до нескольких тысяч. Запасной полисахарид человека – гликоген.

Поли- и олигосахариды в организме гидролизуются, основной продукт гидролиза – глюкоза.

В обменные реакции в клетках тканей вступает фосфорный эфир глюкозы – глюкозо-6-фосфат.

Основные пути возникновения и превращений глюкозо-6-фосфата в организме:



Часть глюкозо-6-фосфата окисляется в аэробных условиях до конечных продуктов –  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , другая часть подвергается анаэробным превращениям – гликолизу.

**Гликолиз** – это процесс анаэробного ферментативного негидролитического расщепления углеводов (главным образом глюкозы и гликогена) в животных тканях, сопровождающийся синтезом АТФ и заканчивающийся образованием молочной кислоты.

Энергетический выигрыш составляет 2 моль АТФ на 1 моль глюкозы (или 3 моль АТФ на 1 моль глюкозы из гликогена).

В аэробных условиях молочная кислота может вновь превращаться в ПВК, а пировиноградная кислота далее подвергается окислительному декарбоксилированию с образованием ацетил КоА.

Окисление ПВК до ацетил-КоА происходит при участии ряда ферментов и коферментов – «пируватдегидрогеназный комплекс», который включает коферменты ТДФ, ЛК, КоА, ФАД и НАД.

Суммарно:



Образовавшийся в результате окислительного декарбоксилирования ПВК ацетил-КоА вступает в цикл Кребса, который происходит в матрице митохондрий и состоит из восьми последовательных реакций. В результате полного оборота цикла  $\text{CH}_3\text{CO-}$  из ацетил-КоА сгорает до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Пировиноградная и молочная кислоты - ключевые метаболиты промежуточного обмена, которые являются показателями направленности окислительных процессов в организме.**

Наряду с процессами распада углеводов идут и процессы их синтеза.

**Глюконеогенез** – новообразование углеводов из продуктов их распада или веществ неуглеводной природы (лактата, ПВК, глицерина и др.). Большинство реакций глюконеогенеза представляют собой обращение гликолиза и ускоряются теми же ферментами.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие соединения называются углеводами? В чем различие между простыми и сложными углеводами? Приведите примеры тех и других.
2. Каков химизм переваривания углеводов пищи? Какие ферменты участвуют в переваривании углеводов?
3. Какие существуют пути распада глюкозы в тканях?

4. Напишите общую схему распада глюкозо-6-фосфата в клетках тканей.
5. Какой процесс называется гликолизом? Каково его назначение?
6. На каких этапах гликолиза происходит ресинтез АТФ? За счет каких макроэргических соединений?
7. Назовите пути устранения молочной кислоты из тканей.
8. Что происходит с ПВК в аэробных условиях?
9. На каких этапах цикла трикарбоновых кислот происходит образование АТФ?
10. Что понимают под глюконеогенезом?

### **Лабораторная работа 5** **Качественные реакции на углеводы и продукты** **их обмена**

Часть углеводов (моносахариды глюкоза и галактоза, дисахариды мальтоза и лактоза) проявляют восстанавливающие свойства и могут быть обнаружены реактивами, содержащими  $\text{CuO}$  или  $\text{Cu(OH)}_2$ , например, реактивом Фелинга. Известной качественной реакцией на полисахарид крахмал является реакция с йодом, который в лаборатории используют в виде раствора Люголя ( $\text{I}_2$  в  $\text{KI}$ ).

Пировиноградную и молочную кислоту также можно обнаружить качественными реакциями.

**Цель работы:** научиться проведению качественных реакций на углеводы, молочную и пировиноградную кислоты.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, водяная баня; растворы глюкозы, молочной и пировиноградной кислоты, раствор Люголя ( $\text{I}_2$  в  $\text{KI}$ ), реактив Фелинга, безбелковый мышечный экстракт, реактив Уффельмана, конц. раствор  $\text{KOH}$ , раствор салицилового альдегида.

**Опыт 1. Реакция восстанавливающих углеводов с реактивом Фелинга.** Глюкоза, мальтоза и лактоза восстанавливают  $\text{CuO}$  в  $\text{Cu}_2\text{O}$ , а сами окисляются. К 1 мл раствора глюкозы приливают равный объем реактива Фелинга и смесь нагревают до кипения. Появляется красный осадок  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

**Опыт 2. Качественная реакция на полисахариды.** В пробирку наливают 1 мл раствора крахмала и добавляют 1 каплю раствора Люголя.

Жидкость окрашивается в синий цвет за счет образования комплексного соединения крахмала с йодом.

### **Опыт 3. Качественная реакция на пировиноградную кислоту.**

Налить в пробирку 1 мл раствора пировиноградной кислоты, добавить 1 мл концентрированного раствора КОН и 0,5 мл раствора салицилового альдегида.

Тщательно перемешать и поставить на 10 минут в водяную баню с температурой 40 °С.

Наблюдать появление характерной для пировиноградной кислоты оранжевой окраски раствора.

### **Опыт 4. Обнаружение молочной кислоты в водном мышечном экстракте.**

В две пробирки налить по 1 мл реактива Уффельмана. В первую пробирку прибавить несколько капель раствора молочной кислоты и наблюдать появление желтой окраски раствора вследствие образования молочно – кислого железа.

Во вторую пробирку прибавить 0,5 мл безбелкового мышечного экстракта. Наблюдать изменение окраски раствора.

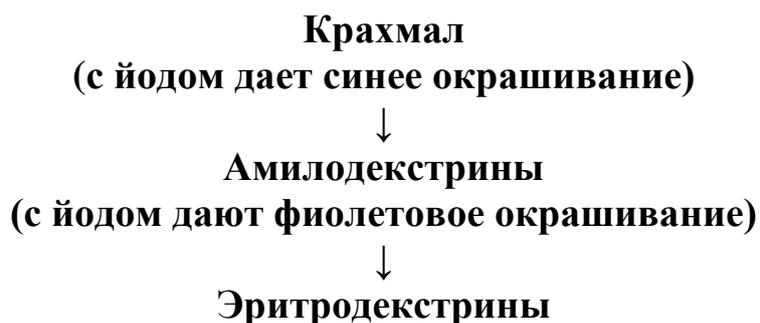
Сравнить окраску раствора в первой и второй пробирках.

Сделать вывод о содержании молочной кислоты в мышечном экстракте.

## **Лабораторная работа 6 Ферментативный гидролиз крахмала под действием $\alpha$ -амилазы слюны**

Для контроля за ходом гидролиза крахмала используются качественные реакции с йодом и с реактивом Фелинга.

Под действием  $\alpha$ -амилазы слюны крахмал гидролизуеться до низкомолекулярных декстринов и мальтозы, не дающих синего окрашивания с йодом по следующей схеме:



**(с йодом дают красно-бурое окрашивание)**



**Флаводекстрины**

**(с йодом дают желтое окрашивание)**



**Ахродекстрины**

**(окрашивание с йодом не дают)**



**Мальтодекстрины**

**(окрашивание с йодом не дают)**



**Мальтоза**

**(окрашивание с йодом не дает)**



**Глюкоза**

**(окрашивание с йодом не дает)**

Глюкозу и мальтозу можно обнаружить реактивом Фелинга.

**Цель работы:** убедиться на опыте в постепенном гидролизе крахмала под действием  $\alpha$ -амилазы слюны.

**Оборудование и реактивы:** Баня водяная, мерный цилиндр, стаканчики для сбора слюны, воронки, вата; пипетки; мерные пробирки на 5 мл; пробирки; предметные стекла; 0,5 % - ный крахмальный клейстер; раствор Люголя; реактив Фелинга.

**Приготовление разбавленной слюны.** Рот ополоснуть 1-2 раза водой для удаления остатков пищи. Отмерить цилиндром 30 мл дистиллированной воды, набрать ее в рот, подержать в течение 2-3 минут, собрать в стаканчик.

Собранную жидкость фильтруют через вату, и фильтрат используют для опытов.

**Ход опыта.** В две пробирки налить по 3 мл крахмального клейстера и в одну из них добавить 3 мл воды, в другую – 3 мл раствора слюны. Обе пробирки поместить в водяную баню при 40 °С. Сверху прибавить по капле раствора Люголя (не касаясь пипеткой капли смеси!).

Повторить отбор проб через 2, 4, 6 и 8 минут. Окраска с иодом проб из пробирки, содержащей слюну, постепенно меняется от сине-фиолетовой, буро-красной до желтой.

Через 15 минут от начала опыта в обе пробирки добавить по 0,5 мл реактива Фелинга, и смесь нагреть до начала кипения.

В пробирке со слюной образуется красный осадок  $\text{Cu}_2\text{O}$  за счет восстановления гидроксида меди  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  образовавшимися мальтозой и низкомолекулярными декстринами.

Контрольная проба в тех же условиях не восстанавливается.

Сделать выводы об индивидуальной активности фермента  $\alpha$ -амилазы слюны по скорости расщепления крахмала.

Время полного гидролиза крахмала считать от начала опыта до времени, когда окраска пробы на предметном стекле после добавления реактива Люголя станет желтой.

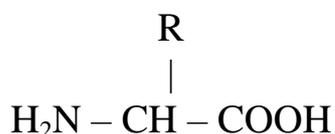
## 5 Биохимические превращения белков в организме

План:

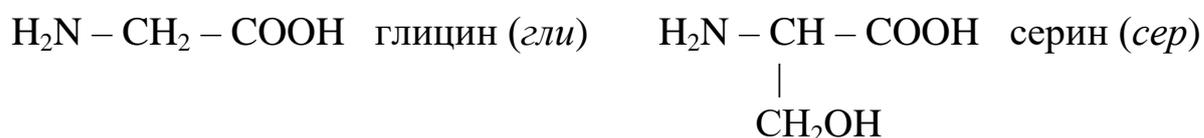
1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Качественные реакции на белки. Переваривание белков»

### Теоретическая часть

**Белки** – это биополимеры, состоящие из остатков аминокислот, соединенных пептидными связями, и имеющие сложную структурную организацию. Мономерами белков служат протеиногенные аминокислоты, общая формула аминокислоты имеет следующий вид:



Аминокислоты различаются по структуре бокового радикала R, а, следовательно, и по физико – химическим свойствам, присущим этим радикалам. Например:



Белки, поступающие с пищей, подвергаются в желудочно-кишечном тракте распаду при участии протеолитических ферментов или пептидгидролаз, которые ускоряют гидролитическое расщепление пептидных связей между аминокислотами.

Различные пептидгидролазы обладают относительной специфичностью, они способны катализировать расщепление пептидных связей между определенными аминокислотами.

Всосавшиеся аминокислоты вместе с аминокислотами, образующимися при гидролизе собственных белков организма, формируют общий фонд в клетках. В первую очередь они используются в качестве строительного материала для синтеза специфических тканевых белков, ферментов, гормонов, нейромедиаторов и других биологически активных соединений.

Некоторое количество аминокислот подвергается распаду с образованием конечных продуктов белкового обмена ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$ ) и освобождением энергии. Аммиак –  $\text{NH}_3$  – является токсичным соединением и должен быть обезврежен (связан).

Первичное связывание аммиака происходит с помощью глутаминовой и аспарагиновой кислот, которые превращаются при этом в глутамин и аспарагин.

Основной путь обезвреживания аммиака – синтез мочевины – протекает в печени и состоит из цикла реакций, называемого орнитиновым циклом. Мочевина выводится с мочой в качестве главного конечного продукта белкового обмена.

Синтез собственных белков организма происходит на рибосомах при использовании аминоацил-тРНК в качестве поставщиков аминокислот и мРНК в качестве программы, определяющей порядок соединения аминокислот в молекуле белка.

Часть аминокислот, необходимых для построения белка, в организме человека не синтезируются и должны поступать с пищей. Это так называемые **незаменимые аминокислоты**: валин, лейцин, изолейцин, треонин, лизин, метионин, фенилаланин, триптофан.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какие соединения являются структурными единицами белковых молекул? Дайте им характеристику и приведите примеры в виде структурных формул.
2. Какая химическая связь называется пептидной?
3. В чем состоит отличие понятий «аминокислотный состав» и «первичная структура» белка?
4. Что понимают под вторичной структурой белка?
5. Что понимают под третичной структурой белка?

6. Какие типы взаимодействий поддерживают третичную структуру белка?
7. Какие биологические функции выполняют белки в организме?
8. Какие аминокислоты называются заменимыми и незаменимыми? Как они влияют на биологическую ценность белков пищи?
9. Какие ферменты участвуют в переваривании белков?
10. Какие из них вырабатываются в желудке, в поджелудочной железе?
11. Почему пищеварительные ферменты выделяются первоначально в неактивной форме?
12. Перечислите пути использования аминокислот в тканях организма.

## **Лабораторная работа 7**

### **Качественные реакции на белки и аминокислоты.**

#### **Переваривание белков**

Для обнаружения белков и определения их аминокислотного состава используются качественные (цветные) реакции.

Существуют цветные реакции, характерные для всех белков (биуретовая, нингидриновая) и реакции, специфичные для отдельных аминокислот (ксантопротеиновая, реакция Фоля и другие).

Образование окрашенных продуктов в реакциях обусловлено:

- определенными группировками аминокислот, входящих в состав белка,
- наличием пептидных связей.

**Цель работы:** познакомиться с качественными реакциями на белки и аминокислоты, с помощью нингидриновой реакции обнаружить аминокислоты в составе пота, пронаблюдать модельный процесс переваривания белка.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, пробиркодержатели, водяная баня, фильтровальная бумага, индикаторная бумага, пинцеты; 10 % раствор NaOH; 1 % раствор CuSO<sub>4</sub>; 0,1 % раствор нингидрина в ацетоне; концентрированная HNO<sub>3</sub>; 5 % раствор (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb; кусочки вареного яичного белка; 2 % раствор панкреатина в 0,5 % растворе Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 1% раствор CH<sub>3</sub>COOH.

**Опыт 1. Биуретовая реакция** характерна для соединений, содержащих не менее 2-х пептидных связей. Простейшее из таких соединений – биурет- H<sub>2</sub>N – CO – NH – CO – NH<sub>2</sub> и дало название реакции.

К 5 каплям раствора белка добавить 5 капель 10 %-ного раствора NaOH и 1 каплю 1 %-ного раствора CuSO<sub>4</sub>. Перемешать.

Наблюдать изменение окраски раствора. Раствор белка дает окраску от сине-фиолетовой до красно-фиолетовой в зависимости от числа пептидных связей.

**Опыт 2. Нингидриновая реакция** обусловлена наличием свободных аминогрупп, поэтому выполняется и с белками, и с аминокислотами.

К 1 мл раствора белка прибавляют 1-2 капли 1 %-ного раствора нингидрина в ацетоне.

После перемешивания содержимого, пробирку помещают в водяную баню при 70 °С на несколько минут. Развивается сине-фиолетовое окрашивание.

**Опыт 3. Открытие аминокислот в поте.** Кусочек фильтровальной бумаги размером 3\*3 см сжать большим и указательным пальцем так, чтобы на ней остались отпечатки.

Затем бумажку взять пинцетом, смочить ее из пипетки 0,1 % раствором нингидрина в ацетоне.

Зажать бумажку пинцетом и подержать над нагретой водяной баней несколько минут.

На месте отпечатка пальцев появляется красно-фиолетовое пятно.

**Опыт 4. Ксантопротеиновая реакция.** Ее дают ароматические аминокислоты и белки, содержащие такие аминокислоты (тирозин, фенилаланин, триптофан).

Название реакции произошло от греческого слова «ксантос» – желтый, т.к. при проведении реакции под действием HNO<sub>3</sub> образуются нитросоединения желтого цвета.

Желтое окрашивание кожи и ногтей при попадании на них концентрированной HNO<sub>3</sub> объясняется взаимодействием азотной кислоты с ароматическими аминокислотами белков кожи и ногтей.

**Работать осторожно!** К 1 мл раствора белка добавить 1-2 капли концентрированной HNO<sub>3</sub> и слегка нагреть.

Выпавший вначале белый осадок окрашивается в желтый цвет. После охлаждения к содержимому пробирки прибавляют по каплям 10 %-ный раствор NaOH до появления оранжевой окраски.

**Опыт 5. Реакция Фоля** характерна для белков, имеющих в своем составе серусодержащую аминокислоту цистеин.

К 5 каплям раствора белка прибавить 5 капель 10 %-ного раствора NaOH и 1 каплю 5 %-ного раствора (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb.

Осторожно нагреть.

Жидкость темнеет, выпадает черный осадок сульфида свинца PbS.

Наблюдения и выводы оформить в виде таблицы.

Таблица 1 - Качественные реакции на белки и аминокислоты

Название реакции	Употребляемые реактивы	Наблюдаемое окрашивание	Открываемые группировки
1	2	3	4

**Опыт 6. Переваривание белков ферментами поджелудочной железы.** Переваривание белков в двенадцатиперстной кишке происходит под действием ферментов поджелудочной железы трипсина и химотрипсина, которые действуют на белки и на полипептиды, расщепляя их до коротких пептидов и небольшого количества свободных аминокислот.

В качестве источника ферментов в опыте используют 2 % раствор панкреатина в 0,5 % растворе карбоната натрия, в качестве субстрата – кусочки вареного яичного белка.

В три пробирки наливают по 1 мл раствора панкреатина. Содержимое первой пробирки кипятят 2 минуты и охлаждают под струей холодной воды. Во вторую пробирку добавляют 1 % раствор уксусной кислоты.

Во все три пробирки опускают по кусочку яичного белка, определяют в них индикаторной бумагой значение pH и помещают их в термостат при 37 - 40 °С.

Через 30-40 минут вынимают пробирки, перемешивают, отмечают видимые изменения и прodelьвают биуретовую реакцию со всеми пробирками.

Полученные результаты вносят в таблицу 2 и делают выводы.

Таблица 2 - Переваривание белков ферментами поджелудочной железы

№ пробирки	Субстрат	Фермент	pH	Видимые изменения	Биуретовая реакция
1	2	3	4	5	6

## **6 Биохимические превращения липидов в организме человека**

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Свойства жиров»

### **Теоретическая часть**

Липиды – неоднородная группа органических соединений, не растворяющихся в воде, а растворяющихся в органических растворителях: бензоле, хлороформе, ацетоне, бензине, эфире и др.

Липиды участвуют в построении клеточных структур, служат источником энергии, выполняют защитную роль (защита организма от холода, жировая смазка кожи и т. д.) и специфические функции.

Биохимические превращения в организме начинаются с ферментативного расщепления пищевых липидов в ЖКТ при участии ферментов липаз и фосфолипаз, а также желчных кислот, обеспечивающих эмульгирование пищевого жира, активацию липаз и всасывание жирных кислот.

Продукты гидролиза жиров используются для ресинтеза специфического для организма собственного жира, который затем поступает в жировые депо.

Из жировых депо по мере надобности жир поступает в печень, где гидролизуется до глицерина и ВЖК, которые используются различными органами и тканями в качестве энергетических источников.

Внутриклеточное превращение глицерина начинается с его фосфорилирования, окисления в глицеральдегидфосфат и последующего его преобразования по схеме гликолиза.

Основной процесс превращения ВЖК – это  $\beta$ -окисление с образованием ацетил-КоА, который затем окисляется в цикле Кребса до углекислого газа и воды.

При длительной мышечной работе, голодании, сахарном диабете затрудняется окисление в цикле трикарбоновых кислот ацетил-КоА. В подобных условиях в организме накапливаются так называемые кетоновые тела: ацетоуксусная,  $\beta$ -оксимасляная кислоты и ацетон.

В норме за сутки с мочой выделяется 40 мг кетоновых тел. При нарушении окисления липидов в организме содержание кетоновых тел в суточной моче может существенно увеличиться.

Важным показателем состояния липидного обмена в организме является содержание холестерина в сыворотке крови. У здорового человека содержание холестерина в сыворотке крови колеблется от 150 до 250 мг%. При нарушении обмена холестерина концентрация его в сыворотке крови также может быть существенно увеличена.

Липиды, как и углеводы, используются организмом в основном в качестве источника энергии. Промежуточный их обмен (синтез, депонирование и внутриклеточное окисление до кетоновых тел) происходит только в аэробных условиях.

Полное окисление заканчивается в цикле Кребса и дыхательной цепи с образованием воды и углекислого газа. Поэтому энергетическое обеспечение мышечной деятельности за счет окисления жиров происходит в условиях устойчивого состояния, т. е. при работе, совершаемой в течение длительного времени, когда кислородный запрос равен кислородному потреблению.

В крови содержится 400-600 мг% липидов и 1-5 мг% кетоновых тел.

С мочой за сутки выделяется ацетона и ацетоуксусной кислоты до 0,010 г.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите общие свойства, присущие всем липидам.
2. На какие группы и по какому принципу классифицируются липиды?
3. В чем заключается биологическая роль каждой из них?
4. Каковы различия между насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами.
5. Приведите примеры предельных и непредельных жирных кислот, входящих в состав липидов.
6. Какими свойствами будет обладать жир, содержащий преимущественно предельные (насыщенные) жирные кислоты?
7. Какими свойствами будет обладать жир, содержащий преимущественно непредельные (ненасыщенные) жирные кислоты?
8. Каковы особенности расщепления жиров в процессе пищеварения?
9. Какую роль играют желчные кислоты в пищеварении липидов и всасывании продуктов их гидролиза?
10. Какие липолитические ферменты вырабатываются в поджелудочной железе?
11. Что понимают под ресинтезом липидов?
12. С помощью каких реакций осуществляются внутриклеточные превращения глицерина и ВЖК?

## Лабораторная работа 8

### Свойства жиров

Жиры (триацилглицерины) составляют одну из групп липидов. По химической природе они являются сложными эфирами трехатомного спирта глицерина и высших жирных кислот.

Переваривание жиров в пищеварительном тракте человека имеет особенности, связанные с гидрофобными свойствами жиров, которые можно наблюдать в опытах по растворимости и эмульгированию жиров.

**Цель работы:** познакомиться со строением и свойствами нейтральных жиров, убедиться на опыте в гидролизе жира под действием панкреатической липазы.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, спирт, растительное масло,  $H_2O$  дистиллированная, бензин, хлороформ; 1 % и 0,1н растворы NaOH; 1 % раствор  $Na_2CO_3$ , 1% раствор мыла, желчь, яичный белок, раствор нитропруссиды натрия, концентрированный раствор  $NH_3$ , концентрированный раствор  $CH_3COOH$ ; 0,5 % раствор фенолфталеина; молоко, 2 % раствор панкреатина в 0,5 % растворе  $Na_2CO_3$ .

**Опыт 1. Растворимость жиров.** В 4 сухие пробирки наливают по 2-3 капли растительного масла, затем добавляют по 1 мл следующих растворителей: вода, спирт, бензин, хлороформ.

Содержание всех пробирок хорошо смешивают.

Отметить, в каких пробирках произошло растворение жира. Результаты записать.

**Опыт 2. Эмульгирование жиров.** В 6 пробирок наливают по 3 капли растительного масла и по 1 мл воды, затем добавляют 1-2 капли следующих растворов:

в 1-ю - 1 % раствор гидроксида натрия,

во 2-ю – 1 % раствор мыла,

в 3-ю - 1% раствор соды,

в 4-ю - раствор концентрированного яичного белка,

в 5-ю - неразведенной желчи.

Содержимое всех пробирок хорошо перемешивают.

В первых пяти пробирках наблюдают образование относительно стойкой эмульсии, а в шестой пробирке, которая служит контролем, происходит расслоение неустойчивой эмульсии на жир и воду.

**Опыт 3. Качественная реакция на кетоновые тела (ацетоуксусную кислоту и ацетон).** Налить в пробирку 3 мл мочи или другого рас-

твора, содержащего кетоновые тела, прибавить 0,5 мл концентрированной уксусной кислоты и 0,5 мл свежеприготовленного раствора нитропруссид натрия.

Тщательно перемешать содержимое пробирки и осторожно по стенке прилить 1 мл концентрированного раствора аммиака.

На границе раздела образуется красно-лиловое кольцо.

Написать формулы ацетоуксусной кислоты и ацетона.

**Опыт 4. Переваривание молочного жира липазой.** Переваривание жиров путем гидролиза происходит в основном в тонком кишечнике под действием панкреатических липаз в присутствии желчи.

При гидролизе жиров образуется глицерин и жирные кислоты.

О скорости ферментативной реакции можно судить по количеству щелочи, пошедшей на титрование образовавшихся жирных кислот.

**Ход опыта.** В 2 конические колбы на 100 мл отмерить цилиндром по 20 мл молока.

Добавить:

- в первую - 2 мл раствора панкреатина,

- во вторую - 2 мл раствора панкреатина + 5-6 капель желчи.

Содержание колб перемешать и сразу же отобрать по 10 мл в 2 другие конические колбы для титрования.

В колбы для титрования добавить по 10 мл воды и по 2-3 капли раствора фенолфталеина.

Оттитровать 0,1 н раствором NaOH до слабо-розовой окраски.

Оставшиеся растворы поставить в термостат при 37-40 °С на 30 минут, после чего также протитровать.

Результаты занесите в таблицу.

Таблица – Схема выполнения опыта

№	Содержимое колб	Объем 0,1 н NaOH, пошедший на титрование, мл	
		1-е титрование	2-е титрование
1	Молоко + панкреатин		
2	Молоко + панкреатин + желчь		

Проведите необходимые вычисления.

Сделайте вывод по результатам опыта.

## 7 Обмен воды и минеральных веществ

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Биохимическое исследование мочи»

### Теоретическая часть

Потребность человека в воде зависит от многих факторов: температуры окружающей среды, характера деятельности, состава потребляемой пищи.

Суточная потребность в воде у взрослого человека равна приблизительно 40 г на каждый килограмм веса. У детей она в расчете на килограмм веса в 2-4 раза больше, чем у взрослых.

Потеря 20 % воды опасна для жизни. В сутки человек теряет примерно 2, 6 л воды (в основном, с мочой – 1,5-1,6 л и с потом – 0,5-0,6 л).

Потребность в воде удовлетворяется за счет экзогенных и эндогенных источников.

К экзогенным источникам относятся твердая и жидкая пища, питье.

Эндогенная вода образуется внутри организма при окислении биологических молекул. При окислении различных веществ синтезируется разное количество эндогенной воды: при окислении 100 г жира образуется 107 г воды, 100 г белка – 41 г, 100 г углеводов – 55 г.

Образование эндогенной воды увеличивается во время мышечной работы, а также при охлаждении организма.

Перераспределение воды внутри организма происходит постоянно. Между плазмой крови, лимфой меж- и внутриклеточными жидкостями оно происходит при интенсивной мышечной работе, требующей большого количества энергии в виде АТФ.

Напряженная работа мышц приводит к увеличению в клетках и межклеточной жидкости концентрации молочной кислоты и катионов  $\text{Na}^+$ , что обуславливает усиленный приток воды в клетки и межклеточную жидкость, а содержание воды в плазме крови наоборот снижается.

В организме осуществляется многоуровневая регуляция водного обмена. Некоторые катионы оказывают специфическое влияние на задержку и выведение воды из клеток и тканей организма.

Катионы  $\text{Na}^+$ , например, вызывают задержку воды, а катионы  $\text{K}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ , наоборот – выведение воды из клеток и тканей организма. Гормоны коры надпочечников – минералокортикоиды – могут влиять на обмен воды, способствуя удержанию ионов натрия и потере ионов калия и кальция.

Диуретический гормон, выделяемый передней долей гипофиза, способствует усиленному выведению воды из организма с мочой (диурез), с

другой- антидиуретический гормон (вазопрессин), образуемый задней долей гипофиза, повышает всасывание воды в почечных канальцах, сокращая тем самым диурез.

Потребность человека в минеральных веществах, как и потребность в воде, зависит от возраста, пола, мышечной активности, условий окружающей среды.

Потребность в минеральных веществах в процессе систематических занятий спортом повышается. Особенно это касается тех видов спорта, занятия которыми сопровождаются обильным потоотделением. В результате повышается потребность в калии и натрии, содержание которых в суточном рационе можно увеличить на 20-24 %.

Регуляция минерального обмена очень многообразна. Большую роль в ней играют нервная система, гормоны коры надпочечников, щитовидной и паращитовидной желез, витамин D, ацетилхолин и некоторые другие вещества.

Отмечено влияние на минеральный обмен состояния гиподинамии: оно способствует деминерализации костной ткани, усилению выведения кальция с мочой, повышению секреции альдостерона и задержке натрия в организме.

Многочисленные регуляторные воздействия на минеральный обмен направлены на поддержание постоянства электролитного состава жидкостных сред организма.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какова роль воды в организме?
2. Что такое эндогенная вода? Экзогенная вода?
3. Какова потребность человека в воде?
4. Какие гормоны участвуют в регуляции водного обмена?
5. Какие минеральные вещества нужны человеку?
6. В чем заключается роль отдельных микроэлементов в организме?
7. Какова роль кальцитонина и паратгормона в регуляции обмена кальция?

### **Лабораторная работа 9 Биохимическое исследование мочи**

Биохимическое исследование мочи имеет существенное значение в спортивной практике. Оно позволяет судить о протекании процессов обмена веществ в организме спортсмена и о реакции его на те или иные физические нагрузки.

Моча содержит воду, как образовавшуюся при окислении органических веществ, так и введенную в организм. В ней растворены различные конечные (а в ряде случаев и промежуточные) продукты обмена веществ и минеральные соли.

Цвет мочи зависит от содержания в ней пигментов – урохрома, уробилина и др., образующихся в организме из желчных пигментов.

Реакция мочи в обычных условиях слабо-кислая. При обильном мясном питании она становится еще более кислой, а при растительном – слабо щелочной.

Обильное выделение кислых веществ, например, молочной кислоты, после интенсивных физических нагрузок приводит к еще более резким сдвигам реакции в кислую сторону.

При обильном выделении щелочных веществ (например, в горных условиях) реакция мочи может стать более щелочной. Щелочная реакция мочи может быть и при ряде заболеваний.

**Нормальные** составные части мочи:

- неорганические компоненты:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

- органические компоненты: мочевины, креатинин, мочевая кислота, гиппуровая кислота, индикан.

**Патологические** составные части мочи:

- белок, глюкоза, кетоновые тела, желчные пигменты и желчные кислоты, кровь.

Причины появления патологических составляющих мочи:

- белок может появляться в моче после ряда значительных физических нагрузок (спортивная альбуминурия) и при заболеваниях почек и мочевыводящих путей;

- глюкоза (сахар) – как следствие значительного увеличения ее в крови (алиментарная гипергликемия, гипергликемия, связанная со значительным эмоциональным возбуждением, или, наконец, заболевание сахарным диабетом);

- кетоновые тела, обнаруживаемые в моче при затруднении окисления их в тканях (в условиях гор, при недостатке углеводов в питании, при сахарном диабете);

- желчные пигменты и желчные кислоты (при заболеваниях печени и желчевыводящих путей);

- кровяные пигменты (при усиленном разрушении эритроцитов в организме) и ряд других.

**Цель работы:** освоить проведение реакций обнаружения нормальных и патологических компонентов мочи.

**Оборудование и реактивы:** стаканы на 100 мл, предметные стекла, пробирки, универсальная индикаторная бумага, известковое молоко, 5

% раствор  $\text{HNO}_3$ , 1 % раствор  $\text{AgNO}_3$ , 3 % раствор молибдата аммония, насыщенный раствор оксалата аммония –  $(\text{NH}_4)_2(\text{COO})_2$ , 10 % раствор  $\text{NaOH}$ , 20 % раствор сульфосалициловой кислоты, реактив Фелинга

### **Обнаружение нормальных составных частей мочи**

**Опыт 1. Определение значения pH.** На предметное стекло, помещенное на лист белой бумаги, кладут универсальную индикаторную бумагу.

На нее стеклянной палочкой наносят каплю мочи, затем цвет ее сравнивают со шкалой pH.

**Опыт 2. Открытие солей аммония.** В пробирку наливают 2 мл мочи, добавляют 4 капли известкового молока (взвесь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в воде).

Затем слегка подогревают, укрепив у верхнего края пробирки смоченную водой красную лакмусовую бумажку. Через некоторое время она синееет.

Результат опыта и уравнение реакции между хлоридом аммония и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  записывают.

**Опыт 3. Открытие в моче хлоридов.** В пробирку помещают 2 мл мочи и добавляют 1-2 капли 5 %-ного раствора  $\text{HNO}_3$  и 1-2 капли  $\text{AgNO}_3$ . Выпадает белый осадок.

**Опыт 4. Открытие в моче фосфатов.** В пробирку помещают 1 мл мочи, подкисляют ее азотной кислотой, добавляют 2 мл 3 %-ного раствора молибдата аммония и нагревают на спиртовке.

Постепенно образуется желтый осадок (фосфорномолибденовокислый аммоний).

**Опыт 5. Открытие в моче ионов кальция.** В пробирку помещают 2 мл мочи и добавляют 4 капли насыщенного раствора оксалата аммония. Сразу же выпадает осадок оксалата кальция.

**Опыт 6. Открытие мочевины.** В пробирку наливают 2 мл мочи, добавляют 6 капель 10 %-ного раствора  $\text{NaOH}$  и осторожно кипятят. У верхнего края пробирки укрепляют смоченную водой красную лакмусовую бумажку.

Вследствие выделения аммиака, образующегося при гидролизе мочевины, лакмусовая бумажка синееет. Результат опыта и уравнение реакции записывают.

**Опыт 7. Открытие креатинина.** В пробирку помещают 1 мл мочи, добавляют 4 капли 10 % -ного раствора NaOH и столько же насыщенного раствора пикриновой кислоты.

Появляется ярко-оранжевая окраска.

### **Обнаружение патологических составных частей мочи**

**Опыт 8. Обнаружение белка в моче пробой с сульфосалициловой кислотой.** Для открытия белка в моче используют реакции осаждения, но не цветные, так как результат их может быть замаскирован интенсивной окраской мочи.

В пробирку налить 2-3 мл мочи и добавить 5 капель 20 % -ного раствора сульфосалициловой кислоты. При наличии в моче белка появляется осадок или помутнение.

**Опыт 9. Обнаружение сахара в моче.** Для обнаружения сахара в моче в пробирку наливают 2 мл профильтрованной мочи и прodelьывают реакцию Фелинга.

Таблица – Результаты биохимического исследования мочи

Номер опыта	Определяемое вещество	Признак реакции	Наличие вещества в моче
1	2	3	4

Результаты всех опытов записывают в таблицу, при наличии вещества в моче в последней графе ставят знак «+».

## **8 Биоэнергетика. Взаимосвязь и регуляция обмена веществ (семинар)**

### **Основные вопросы для подготовки**

1. Общие представления о превращении энергии в живых системах.
2. Основные этапы преобразования энергии в клетке.
3. Окисление – основной путь освобождения энергии в живых организмах. Макроэргические соединения.
4. Энергетические эффекты окисления углеводов и жиров.
5. Взаимосвязь обмена углеводов, жиров и белков.

6. Наличие промежуточных продуктов, общих путей превращений ключевых метаболитов.
7. Взаимопревращения различных классов соединений.
8. Центральная роль ацетилкофермента А в метаболизме различных классов соединений.
9. Важнейшие регулирующие системы организма.
10. Эндокринная регуляция обмена веществ.
11. Гормоны – регуляторы обмена веществ. Классификация гормонов.
12. Биологическая роль гормонов в мышечной деятельности

## **Список рекомендуемой литературы**

### **Основная**

1. Михайлов, С. С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и средних учебных заведений / С. С. Михайлов. – М. : Советский спорт, 2004. – 219 с.
2. Биохимия: учебно-методический комплекс / А.С. Базулько, И.Л. Гилеп, И.Н. Рубченя. – Минск: БГУФК, 2013. – 131 с.
3. Базулько, А.С. Биохимические основы спортивной мышечной деятельности: учебное пособие для вузов / А. С. Базулько – Минск: БГУФК, 2006. – 85с.

### **Дополнительная**

4. Актуальные проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI века: материалы Всероссийской научно-практической с международным участием интернет-конференции (Москва, 10-26 апреля 2017 г.) /под общ. ред. Р.В. Тамбовцевой, В.Н. Черемисинова, С.Н. Литвиненко, И.А. Никулиной и др. – Москва: Изд-во РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), 2017. – 490 с.
5. Биохимия спорта с основами спортивной фармакологии: учебное пособие для среднего профессионального образования / Л. В. Капилевич, Е. Ю. Дьякова, Е. В. Кошельская, В. И. Андреев. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 151 с. – (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11892-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/457158> (дата обращения: 24.02.2020).
6. Чиркин А.А. Краткий курс спортивной биохимии / Методические рекомендации. – Витебск: Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, 2017. – 54 с.
7. Базулько, А.С. Термины и понятия по спортивной биохимии / А.С. Базулько, В.А. Пыжова. – Минск: БГУФК, 2010. – 56 с.
8. Базулько, А.С. Термины и понятия по общей биохимии: пособие / А.С. Базулько, В.А. Пыжова – Минск: БГУФК, 2008. – 74 с.

9. Пыжова, В. А. Обмен минеральных веществ и его роль при мышечной деятельности: пособие по биохимии для студентов БГУФК / В. А. Пыжова, А. С. Базулько – Минск, 2006 – 43 с.

10. Филиппович Ю. Б., Коничев А.С., Севастьянова Г.А., Кутузова Н.М. Биохимические основы жизнедеятельности человека.- М.: ВЛАДОС, 2005. - С. 332-370.

### Теоретическая часть

Взаимосвязь процессов обмена веществ в организме человека проявляется в наличии единых промежуточных продуктов обмена; общих путей превращений ключевых метаболитов (цикл Кребса); во взаимопревращениях углеводов, жиров, белков (отражено схемой).

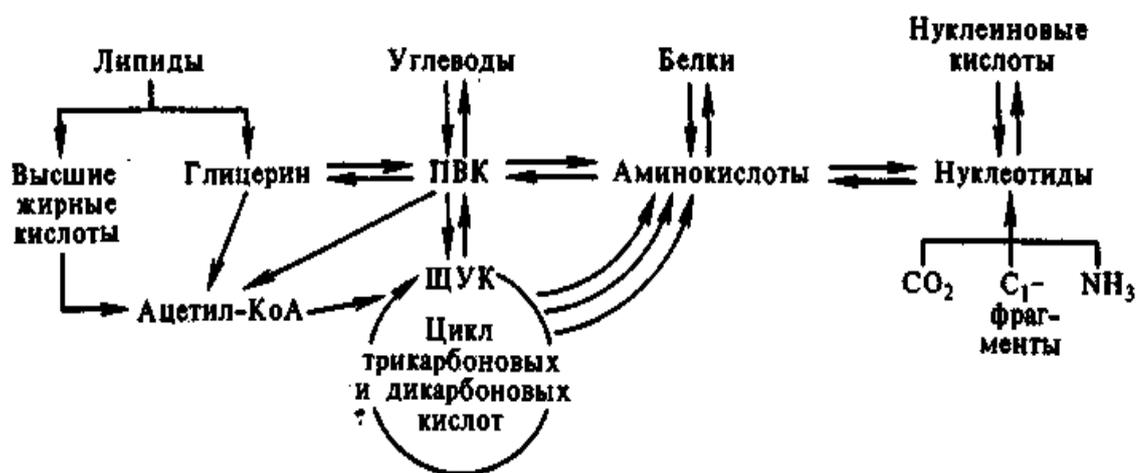


Рисунок 1. Схема, отражающая процессы распада жиров, белков, углеводов, образующие в дальнейшем единый метаболический цикл (цикл Кребса), завершающий их превращения

В обмене веществ можно выделить основные стадии:

- подготовительную, стадию универсализации,
- стадию окисления в цикле трикарбоновых кислот (цикле Кребса).

В первой стадии представлены реакции гидролиза. Полисахариды преобразуются до моносахаридов или их эфиров с фосфорной кислотой, жиры расщепляются на глицерин и жирные кислоты, белки – на аминокислоты.

На стадии универсализации из углеводов, глицерина, жирных кислот, некоторых аминокислот образуется один и тот же продукт – **ацетил КоА**.

Таким образом, процессы распада жиров, белков, углеводов сходятся, образуя в дальнейшем единый метаболический цикл (цикл Кребса),

завершающий их превращения. Этим достигается определенная экономия на разнообразии ферментов, на внутриклеточных структурных образованиях, обеспечивающих локализацию ферментных систем и процессов.

Немаловажное значение такая организация метаболизма имеет и для его регуляции.

Регуляция обмена веществ в организме осуществляется нервной и гормональной (эндокринной) системами, а также системой автоматической регуляции (саморегуляция).

На уровне клетки осуществляется регуляция по закону действующих масс, регуляция скорости реакций за счет изменения доступности субстратов и кофакторов, за счет изменения ферментативной активности.

Нервная и гормональная системы осуществляют координацию деятельности клеток и органов организма, взаимосвязь обмена веществ организма с внешней средой. Железы внутренней секреции организма человека вырабатывают более 50 различных гормонов. По химической природе гормоны делят на три группы.

- стероидные гормоны (производные стеролов). Они представлены жирорастворимыми гормонами коркового вещества надпочечников (кортикостероиды), половыми гормонами (эстрогены и андрогены);
- белково-пептидные гормоны – гормоны гипоталамуса, гипофиза, щитовидной и паращитовидной желез, поджелудочной железы;
- гормоны- производные аминокислот (примеры гормонов этого типа у человека – тироксин, адреналин и др., синтезирующиеся в щитовидной железе, надпочечниках).

–

### **Упражнения по теме. Расчет энергетических эффектов окисления углеводов, белков, жиров**

1. Рассчитайте энергетический эффект преобразования глюкозо-6-фосфата в фосфоэнолпировиноградную кислоту в анаэробных условиях.
2. Определите число молекул АТФ, которые могут синтезироваться в митохондриях за счет превращения янтарной кислоты в щавелевоуксусную в цикле Кребса.
3. Рассчитайте энергетический эффект полного окисления глюкозы.
4. Рассчитайте энергетический эффект полного окисления пальмитиновой кислоты.
5. Рассчитайте энергетический эффект полного окисления глицерина

6. Используя схему «Взаимосвязь процессов обмена веществ в организме человека» составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- Аланин → ПВК → ЩУК
- Пальмитиновая кислота → ацетил КоА → лимонная кислота
- Глицерин → ПВК → аланин
- $\alpha$ -Кетоглутаровая кислота → глутаминовая кислота

7. Определите место реакции, схема которой приведена, в общем обмене веществ. Какие вещества обозначены буквами?

- 2-фосфоглицериновая кислота → А → В → С
- 1,3-дифосфоглицериновая кислота → А → В → С
- глюкоза → глюкозо-6-фосфат → фруктозо-6-фосфат
- глюкозо-6-фосфат → фруктозо-6-фосфат → фруктозо-1,6-дифосфат
- фруктозо-6-фосфат → фруктозо-1,6-дифосфат → А

### Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает биоэнергетика?
2. Какие реакции называются экзергоническими? Эндэргоническими?
3. Что такое субстратное фосфорилирование? Какова его доля в общем синтезе АТФ?
4. Какое строение имеют митохондрии?
5. Охарактеризуйте строение дыхательной (электронотранспортной) цепи митохондрий.
6. Как происходит сопряжение синтеза АТФ при посредстве  $H^+$  - АТФазы с работой электронотранспортной цепи?
7. Каков химизм окислительного фосфорилирования. Под действием каких факторов может происходить разобщение окисления и фосфорилирования при мышечной деятельности.
8. Сколько молекул АТФ синтезируется, если в дыхательную цепь поступают 2 атома водорода с НАДН? С ФАДН<sub>2</sub>?
9. Как связаны между собой обмен углеводов и липидов? Какие метаболиты являются общими?
10. В процессах превращения каких веществ в качестве промежуточного продукта образуется ПВК? Ацетил КоА?
11. Как связаны между собой обмен углеводов и белков?
12. Как связаны между собой обмен белков и липидов?
13. Как осуществляется регуляция обмена веществ на уровне клетки? На уровне организма?

14. Какие гормоны продуцируются гипоталамусом? Гипофизом?
15. Приведите примеры действия гормонов коры надпочечников.
16. Какие гормоны участвуют в регуляции обмена углеводов?

## РАЗДЕЛ 2 БИОХИМИЯ СПОРТА

### 9 Биохимический анализ мышечной ткани

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Биохимический анализ мышечной ткани».

#### Теоретическая часть

Химический состав мышечной ткани:

- Вода 70 – 80 %
- Белки 17 – 21 %
- АТФ 0,25 – 0,4 %
- КрФ 0,4 – 1 %
- Гликоген 0,2 – 3 %
- $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$

Структурной единицей мышцы является мышечное волокно (они бывают трех типов, белые – быстросокращающиеся волокна, красные – медленно сокращающиеся и волокна промежуточного типа).

Мышечное волокно представляет собой гигантскую мышечную клетку, окруженную оболочкой – сарколеммой, внутри которой содержится саркоплазма, в которую включены внутриклеточные элементы – ядра, митохондрии, миофибриллы, рибосомы и т.д.

Сократительным элементом мышечного волокна являются миофибриллы – мышечные нити толщиной 1-2 мк, состоящие из тонких и толстых протофибрилл, основу которых составляют сократительные белки актин и миозин.

В момент мышечного сокращения тонкие протофибриллы втягиваются в промежутки между толстыми, приводя к сокращению мышечных волокон и таким образом мышцы в целом.

Между миофибриллами располагаются митохондрии, «энергетические станции» мышечных волокон, содержащие высокоэнергетические фосфатные вещества и являющиеся источником энергии.

В саркоплазме имеется система продольных и поперечных трубочек, мембран, пузырьков, носящая название саркоплазматического ретикулума, который делит саркоплазму на «отсеки», где и протекают все биохимические процессы.

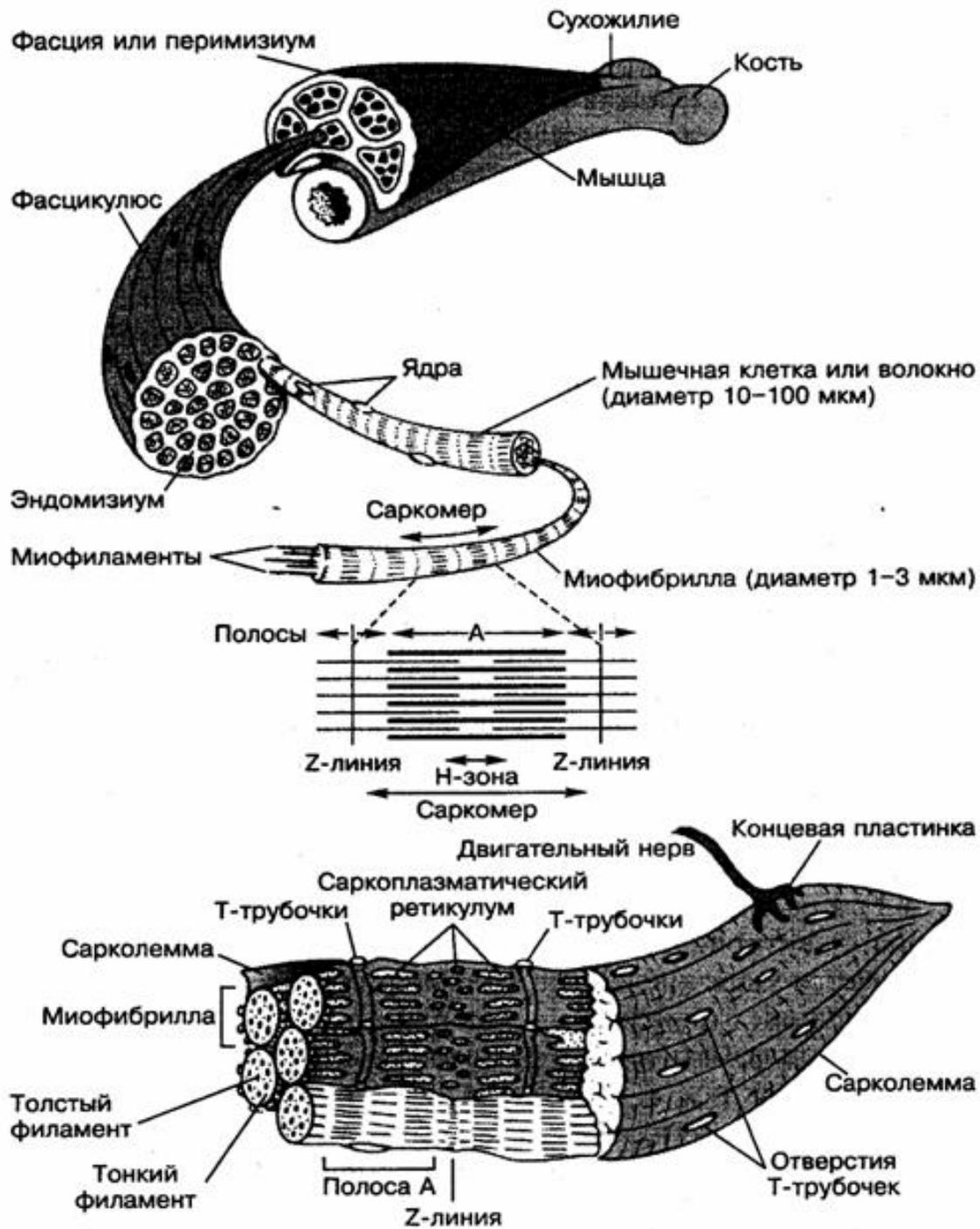


Рисунок 1. Схема строения скелетной мышцы  
(по Рон Мохан и др., 2001)

Следует отметить, что характерные особенности присущи разным типам мышечных волокон что отражено в приведенной схеме (рисунок 2).

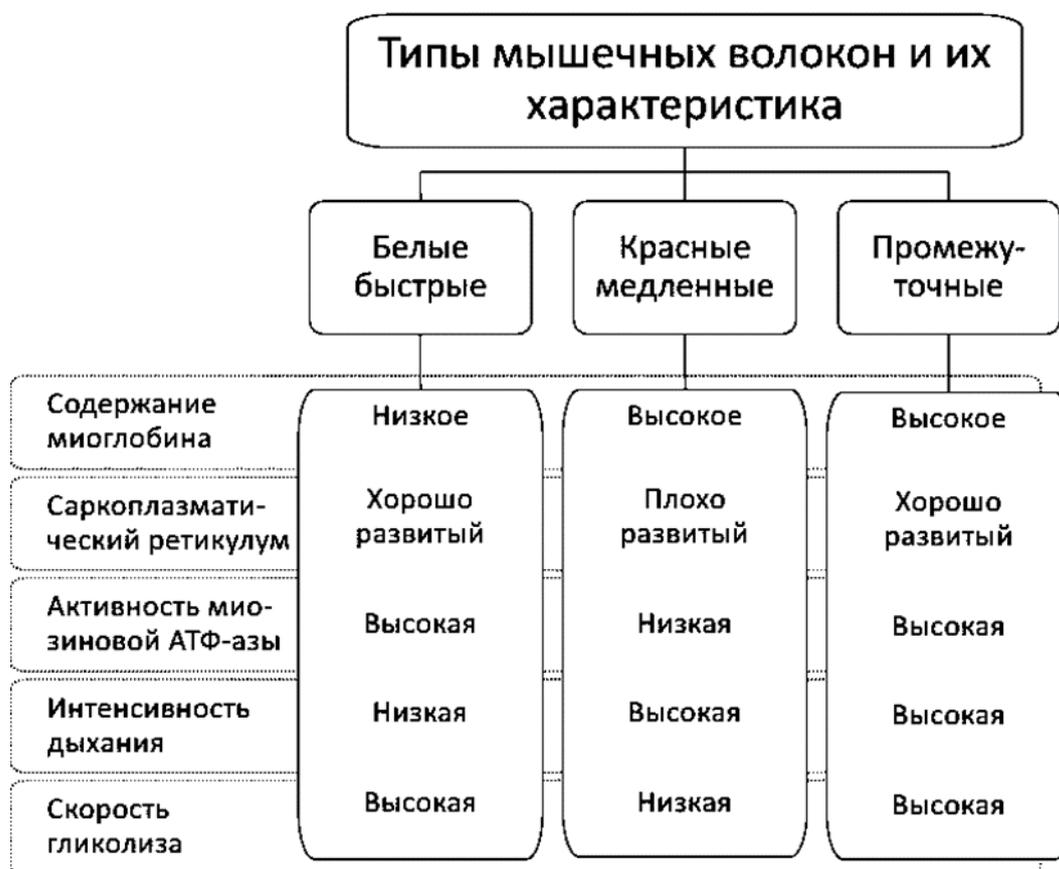


Рисунок 2. Характерные особенности разных типов мышечных волокон

### Вопросы для самоконтроля

1. Назовите виды мышечной ткани? В чем заключается их биологическая функция?
2. Что является структурной единицей мышцы?
3. В состав каких филаментов входит белок миозин?
4. Дайте характеристику структуре и функциям миозина.
5. Из каких белков состоят тонкие филаменты? Охарактеризуйте каждый белок.
6. В чем состоит суть мышечного сокращения?
7. Что является источником энергии для мышечного сокращения?
8. Напишите схему соответствующей реакции, указав фермент, катализирующий данный биохимический процесс.
9. Какова роль катионов  $\text{Ca}^{2+}$  в мышечном сокращении?

## **Лабораторная работа 10**

### **Биохимический анализ мышечной ткани**

**Цель работы:** с помощью качественных реакций определить химический состав мышечной ткани.

**Оборудование и реактивы:** пробирки, пробиркодержатели, спиртовки; водный и солевой экстракты мышечной ткани; 10 % раствор NaOH; 1 % раствор CuSO<sub>4</sub>; 10 % раствор сульфосалициловой кислоты; насыщенный раствор пикриновой кислоты; основной раствор сульфаниловой кислоты; 5 % раствор NaNO<sub>2</sub>; 10 % раствор Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; реактив Уффельмана; 3 % раствор молибдата аммония; 1 % раствор Ag NO<sub>3</sub> 1 % раствор BaCl<sub>2</sub>.

#### **Качественное исследование мышечных белков**

Для опытов используют водный и солевой экстракты мышечной ткани.

**Опыт 1. Белки мышечной плазмы.** В две пробирки наливают по 2 мл водного экстракта.

В 1-ой пробирке производят биуретовую реакцию.

Во 2-ой пробирке производят осаждение белка. К исследуемой жидкости добавляют 5-6 капель 10 %-ного раствора сульфосалициловой кислоты и наблюдают образование осадка белка.

Фильтрат используют в опытах 3 и 4.

**Опыт 2. Структурные белки мышц.** В две пробирки наливают по 2 мл солевого экстракта.

В 1-ой пробирке производят биуретовую реакцию.

Жидкость во 2-ой пробирке разводят дистиллированной водой до появления мути или осадка (выпадение из раствора нерастворимых в воде глобулинов).

#### **Качественное определение экстрактивных веществ в мышцах**

**Опыт 3. Открытие креатина и креатинина.** В пробирку наливают 1 мл безбелкового фильтрата из опыта 1, добавляют 3 мл 10 %-ного раствора NaOH и 5-8 капель насыщенного раствора пикриновой кислоты.

Появляется оранжево-красная окраска.

**Опыт 4. Открытие карнозина.** Взаимодействуя с диазореактивом, карнозин образует азосоединение, имеющее красно-оранжевую окраску.

В пробирку наливают безбелкового фильтрата и добавляют 0,5 мл диазореактива (раствор сульфаниловой кислоты в HCl и нитрит натрия).

Образуется красно-оранжевое окрашивание раствора.

**Опыт 5. Открытие молочной кислоты.** При взаимодействии молочной кислоты с реактивом Уффельмана возникает зелено-желтое окрашивание вследствие образования лактата железа. В пробирку наливают 1 мл реактива Уффельмана и добавляют по каплям безбелкового фильтрата, фиолетовый цвет реактива переходит в зелено-желтый.

### **Опыт 6. Открытие неорганических ионов**

#### **а) фосфат – ионов**

В пробирку с 1 мл безбелкового фильтрата добавляют равный объем 3 % - ного раствора молибдата аммония, подкисляют азотной кислотой и кипятят на спиртовке. Появляется желтая окраска или выпадает желтый осадок.

#### **б) хлорид – ионов**

В пробирку с 1 мл безбелкового фильтрата добавляют несколько капель 1 % - ного раствора нитрата серебра. Наблюдается выпадение осадка хлорида серебра.

#### **в) сульфат – ионов**

В пробирку с 1 мл безбелкового фильтрата добавляют несколько капель 1 % -ного раствора хлорида бария. Выпадает белый осадок сульфата бария.

Результаты опытов вносят в таблицу.

Таблица – Результаты биохимического исследования мышечной ткани

Номер опыта	Определяемое вещество	Признак реакции	Наличие вещества в мышечной ткани
1	2	3	4

## **10 Энергетика мышечной деятельности**

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Определение молочной кислоты в крови»

### **Теоретическая часть**

Источником энергии для мышечного сокращения служит АТФ:



Освобождающаяся при гидролизе АТФ энергия преобразуется в механическую работу по сокращению мышц.

Однако запасов АТФ в мышце хватает на 2-3 с работы (3-4 одиночных сокращения максимальной силы). В реальных условиях для того, чтобы мышцы могли длительно поддерживать свою сократительную способность, должен происходить **ресинтез АТФ** с той же скоростью, с какой он расходуется.

Существует несколько путей ресинтеза АТФ.

#### **Анаэробно:**

1.  $\text{КрФ} + \text{АДФ} \rightarrow \text{Кр} + \text{АТФ}$ ,
2. Гликоген (глюкоза) +  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + АДФ  $\rightarrow$  лактат + АТФ,
3.  $2 \text{АДФ} \rightarrow \text{АТФ} + \text{АМФ}$ .

#### **Аэробно:**

Гликоген (глюкоза, жирные кислоты) +  $\text{H}_3\text{PO}_4$  +  $\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$  +  $\text{H}_2\text{O}$  + АТФ.

В зависимости от биохимических особенностей протекающих при этом процессов выделяют **три энергетических системы**, определяющих биоэнергетические возможности организма:

- **алактная анаэробная**, или фосфагенная, связанная с процессами ресинтеза АТФ преимущественно за счет креатинфосфата (КрФ);
- **гликолитическая (лактатная) анаэробная**, обеспечивающая ресинтез АТФ и КрФ за счет реакций анаэробного расщепления гликогена или глюкозы до молочной кислоты (МК);
- **аэробная (окислительная)**, связанная с возможностью выполнения работы за счет окисления энергетических субстратов, в качестве которых могут использоваться углеводы, жиры, белки при одновременном увеличении доставки и утилизации кислорода в работающих мышцах.

Каждая из перечисленных систем характеризуется критериями мощности, емкости и эффективности.

**Критерий мощности** оценивает то максимальное количество энергии в единицу времени, которое может быть обеспечено каждой из метаболических систем, т.е. скорость освобождения энергии.

**Критерий емкости** оценивает доступные для использования общие запасы энергетических веществ в организме, или общее количество выполненной работы за счет данного компонента.

**Критерий эффективности** показывает, в какой степени высвобождаемая энергия используется для выполнения специфической мышечной работы (своеобразный коэффициент полезного действия).

**Ресинтез АТФ за счет КрФ** во время мышечной работы осуществляется почти мгновенно. КрФ является самым первым энергетическим резервом мышц, используемым как немедленный источник регенерации АТФ. АТФ и КрФ действуют как единая система энергоснабжения мышечной деятельности. Наибольшая мощность алактатного анаэробного процесса достигается в упражнениях продолжительностью **5-6 с** и у высоко подготовленных спортсменов достигает уровня **3700 кДж/кг** в минуту. Расходуемое количество КрФ во время выполнения упражнений максимальной мощности составляет всего лишь примерно одну треть от его общих внутримышечных запасов. Поэтому продолжительность работы максимальной мощности обычно даже у высококвалифицированных спортсменов не превышает **15-20 с**.

**Анаэробный гликолиз** начинается практически с самого начала работы, но достигает своей максимальной мощности лишь через **15-20 секунд** работы предельной интенсивности, и эта мощность не может поддерживаться более **2.5 - 3.0 минут**. Гликолитическая анаэробная система характеризуется достаточно большой мощностью, достигая у высокоотренированных людей уровня примерно **2500 кДж/кг в минуту**. Энергетическими субстратами при этом служат углеводы – гликоген и глюкоза. Каждая глюкозная единица из гликогена восстанавливает 3 молекулы АТФ, а молекула глюкозы – 2 молекулы АТФ. Из каждой молекулы глюкозы образуется 2 молекулы МК. Продолжительность работы в гликолитическом анаэробном режиме лимитируется в основном не емкостью ее энергетических субстратов, а уровнем концентрации МК и степенью тканевой адаптации к кислотным сдвигам в мышцах и крови.

С увеличением длительности упражнения до 5-6 минут быстро наращивается скорость процессов **аэробного ресинтеза АТФ** и, при увеличении продолжительности работы более 10 минут, энергообеспечение осуществляется уже почти целиком за счет аэробных процессов. Мощность аэробной системы энергообеспечения примерно в 3 раза ниже мощности фосфагенной, и в 2 раза – мощности анаэробной гликолитической системы. В то же время аэробный механизм ресинтеза АТФ наиболее производительный и экономичный. В повседневных условиях жизни на его долю приходится иногда более 90 % от общего количества энергопродукции организма.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие процессы обеспечивают ресинтез АТФ во время мышечной деятельности?

2. Опишите анаэробный алактатный механизм энергообеспечения. Дайте его характеристику: химическая сущность процесса, показатели, роль.
3. В чем заключается химическая сущность миокиназной реакции и какова ее роль при мышечной деятельности? Почему миокиназная реакция является малоэффективной?
4. Какова роль гликолиза в энергетическом обеспечении мышечной работы. Напишите уравнение тех реакций гликолиза, в которых происходит ресинтез АТФ.
5. Охарактеризуйте показатели гликолитического механизма энергообеспечения. Чем определяется емкость гликолитического процесса?
6. Объясните, почему на финише ускорения совершаются за счет гликолиза?
7. Сравните мощность, емкость, эффективность аэробного процесса с анаэробными путями ресинтеза АТФ.
8. Какими показателями характеризуются аэробные и анаэробные энергетические возможности спортсменов?
9. Какова последовательность использования различных энергетических источников при мышечной деятельности?
10. Решите задачу: рассчитайте энергетическую эффективность гликолиза, если при расщеплении 1 моль глюкозы до молочной кислоты освобождается 56 ккал энергии, из них 20 используется на ресинтез АТФ, а в механическую работу преобразуется 40 % энергии, накопленной в молекулах АТФ.
11. Рассчитайте, сколько освободится энергии (в кДж) в процессе распада 1 моль глюкозы: а) в гликолизе; б) по аэробному механизму.

## Лабораторная работа 11

### Определение молочной кислоты в крови

О степени развития гликолиза во время мышечной работы можно судить по уровню МК в крови. В условиях относительного покоя концентрация МК равна 10-20 мг%, при физической работе она может повышаться до 200 мг% и более.

**Цель работы:** познакомиться с методом определения молочной кислоты в крови с использованием ФЭК или КФК, составить алгоритм определения, рассмотреть химическую основу метода.

**Оборудование и реактивы:** ФЭК или КФК, центрифуга, водяная баня, центрифужные пробирки, пробирки, пипетки градуированные на 1 и 2 мл; конц.  $H_2SO_4$ ; трихлоруксусная кислота; параоксидифенил;  $CuSO_4$ .

Для определения МК применяется метод Баркера и Саммерсона в модификации Штрома, сущность которого заключается окислении филтратата после удаления белков и углеводов при нагревании с концентрированной серной кислотой. МК при этом окисляется в уксусный альдегид, дающий с параоксидифенилом лиловое окрашивание, интенсивность которого пропорциональна содержанию молочной кислоты в крови.

**Ход опыта.** В центрифужную пробирку налить 1,9 мл трихлоруксусной кислоты с NaF и добавить 0,1 мл взятой крови. Перемешать и отцентрифугировать 30 минут при 3000 об/мин. В химическую пробирку отобрать 0,5 мл центрифугата.

Сразу же приготовить стандартный раствор. Эталонный раствор разводят 1:1 – 0,2 мл раствора + 0,2 мл H<sub>2</sub>O. Отсюда отобрать 0,1 мл и добавить 2 мл трихлоруксусной кислоты с NaF, отсюда отобрать 0,5 мл в пробирку и далее делать те же операции, что и с опытной пробиркой.

К 0,5 мл экстракта добавляют по 1 капле сульфата меди, перемешивают и осторожно по стенке добавляют 3 мл концентрированной серной кислоты. Поставить в кипящую баню на 5 минут, после кипячения охладить. Добавить во все пробирки по 2 капли параоксидифенила. Термостатировать при 37 °С 30 минут, затем кипятить 90 секунд (точно) и охладить.

Колориметрировать на ФЭКе при длине волны 560 мкм (зеленый филтрат) в кюветах на 3 и 5 мл против чистой концентрированной серной кислоты. Для расчета используется формула

$$\frac{E_{\text{ОПЫТ}}}{E_{\text{СТАНД.}}} \cdot 50 = \text{мг\%} \cdot 0,111 = \text{ммоль/л}$$

В лабораторной тетради законспектировать лабораторную работу в схематическом виде, привести расчеты, сделать комментарии.

Оформите отчет, отразите этапы выполнения опытов, опишите наблюдения и результаты. Сделайте общий вывод.

## **11 Биохимические изменения в организме при работе различного характера**

План:

1. Теоретический разбор
2. Лабораторная работа «Количественное определение глюкозы в крови»

## Теоретическая часть

Мышечная деятельность сопровождается биохимическими изменениями не только в работающих мышцах, но и в других тканях и органах. Преобладают катаболические реакции, направленные на ее энергетическое обеспечение.

Для ресинтеза АТФ интенсивно расходуются различные вещества, например, в мышцах – креатинфосфат, гликоген, жирные кислоты, кетонные тела.

В печени происходит расщепление гликогена с образованием сахара, приносимого кровью к работающим органам: мышцам, сердцу и головному мозгу.

Усиленно расщепляются жиры и окисляются жирные кислоты. Одновременно в крови накапливаются продукты обмена веществ: фосфорная, молочная и пировиноградная кислоты, углекислота, мочевины, аммиак, аминокислоты, кетонные тела, повышается активность ферментов (аминофераз, ферментов гликолиза, каталазы и др.).

Количественные сдвиги в мышцах, других органах и тканях, а также и в крови, зависят от мощности и продолжительности работы.

Мощность работы связана обратно пропорциональной зависимостью с ее предельной продолжительностью: **чем больше мощность, тем быстрее происходят биохимические изменения, ведущие к утомлению, и тем меньше время работы.**

По классификации В.С. Фарфеля существуют четыре зоны относительной мощности: максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной.

Предельная длительность работы в зоне максимальной мощности составляет 15-20 секунд, в зоне субмаксимальной мощности – от 20 секунд до 2-3 минут, в зоне большой мощности – до 30 минут, в зоне умеренной мощности – до 4-5 часов.

Работа в зоне максимальной мощности обеспечивается энергией в основном за счет АТФ и КрФ, частично – за счет гликолиза. Однако скорость гликолиза в этой зоне не достигает своих наивысших значений, поэтому содержание молочной кислоты в крови обычно не превышает 1 – 1,5 г/л, мобилизация гликогена печени почти не изменяется по сравнению с уровнем покоя (а если и увеличивается, то только за счет предстартовой реакции). Кислородный запрос может составлять 7-14 л, а кислородный долг – 6-12 л, то есть 90-95 % от кислородного запроса.

Энергетическое обеспечение работы в зоне субмаксимальной мощности идет в основном за счет анаэробного гликолиза. В крови в большом количестве появляется молочная кислота (концентрация ее может достигать 2,5 и более г/л).

Кислородный запрос может достигать 20–40 л, а уровень энергетических затрат в 4-5 раз превышать максимум аэробного производства энергии.

К концу работы возрастает доля аэробных реакций в ее энергообеспечении.

Кислородный долг в этой зоне мощности наиболее велик по абсолютным значениям (до 20 л) и составляет 50-90 % от кислородного запроса.

Усиливается мобилизация гликогена печени, уровень глюкозы в крови может достигать 2 г/л.

Под влиянием продуктов анаэробного распада меняется проницаемость клеточных мембран для белков, увеличивается их содержание в крови, они могут выходить в мочу.

**В зоне большой мощности** основное значение имеют аэробные источники энергии при достаточно высоком уровне развития гликолиза.

Доля анаэробных процессов в энергообеспечении организма быстро снижается по мере увеличения ее продолжительности. При такой работе кислородный запрос может достигать 50-150 л, а уровень энергетических затрат в 1,5-2 раза превышать максимум аэробного производства энергии.

Содержание молочной кислоты в крови составляет 1,8-1,5 г/л, глюкозы – около 1,5 г/л, содержание белка в моче меньше, чем при работе субмаксимальной мощности, – около 0,6 %.

Наиболее интенсивные упражнения **в зоне умеренной мощности** совершаются при максимуме аэробного производства энергии.

Кислородный запрос может достигать 500-1500 л, кислородный долг не превышает 5 л.

Содержание молочной кислоты в крови 0,6-0,8 г/л, по ходу работы она может устраняться.

Вследствие усиленного расхода запасов гликогена в печени содержание глюкозы в крови падает ниже 0,8 г/л.

В моче в значительном количестве появляются продукты распада белков. Отмечается большая потеря организмом воды и минеральных солей.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Опишите кислородное потребление при мышечной работе. Укажите биохимические особенности транспорта кислорода и его депонирования в мышцах.
2. Каковы биохимические процессы, приводящие к образованию кислородного дефицита и кислородного долга?

3. Какими биохимическими особенностями характеризуется истинное и ложное устойчивое состояние кислородного потребления в организме?
4. Каковы соотношения интенсивности анаэробных и аэробных процессов в организме человека в состоянии покоя, в начале мышечной деятельности, при продолжительной работе (равномерной), при изменении интенсивности по ходу работы, при переходе от работы к отдыху?
5. Какие биохимические изменения происходят в мышцах, крови, головном мозге, внутренних органах при работе различного характера?
6. Какие биохимические показатели дают наибольшую информацию об изменениях углеводного, липидного, белкового обмена, обмена макроэргических соединений во время работы?
7. Охарактеризуйте изменения в водно-солевом балансе организма во время работы.
8. Охарактеризуйте влияние режима деятельности мышц на биохимические изменения при работе.

## **Лабораторная работа 12**

### **Количественное определение глюкозы в крови**

В крови здорового человека более 90 % всех низкомолекулярных углеводов приходится на долю глюкозы, которая в силу высокой растворимости в воде и других свойств занимает исключительное положение главного источника энергии для клеток организма.

Глюкоза почти равномерно распределена между плазмой и эритроцитами, поэтому ее определение в цельной крови или в ее жидкой части имеет одинаковую информативность.

Глюкоза является основным энергетическим субстратом гликолиза и аэробного окисления.

По уровню сахара в крови при мышечной деятельности судят о мобилизации резервных углеводов и снабжении глюкозой работающих скелетных мышц, мозга и сердца.

Если повышенная при мышечной деятельности потребность тканей и органов в углеводах полностью удовлетворяется, то уровень сахара в крови остается постоянным.

При недостаточной мобилизации углеводных резервов он снижается, а при чрезмерной (например, в условиях большого эмоционального возбуждения) возрастает. В норме в состоянии покоя натощак содержание глюкозы в крови колеблется от 80 до 120 мг%, при мышечной деятельно-

сти (в зависимости от ее характера, длительности и условий выполнения) уменьшается до 60-50 мг% или увеличивается до 200 мг% и более.

**Цель работы:** познакомиться с методом определения глюкозы в крови с использованием ФЭК или КФК

**Оборудование и реактивы:**

Для взятия крови в условиях медицинского кабинета медицинским работником: скарификаторы стерильные, одноразовые; пипетки 0,1 мл; груша; спирт медицинский; раствор йода; вата.

Для определения глюкозы: ФЭК или КФК, центрифуга, водяная баня, пробирки центрифужные и химические, микропипетки на 0,1 мл, на 1 и 2 мл, стеклянные палочки, дистиллированная вода, насыщенный раствор пикриновой кислоты и 10 % раствор NaOH; 5 % раствор трихлоруксусной кислоты (ТХУК); орто-толуидиновый реактив.

**Техника взятия крови** из пальца для лабораторного анализа в условиях медицинского кабинета медицинским работником.

Кровь берут из безымянного пальца левой руки. Сначала участок кожи пальца обследуемого очищают ватным тампоном, смоченным этиловым спиртом, а затем эфиром.

Левой рукой захватывают безымянный палец левой руки обследуемого и слегка сдавливают мякоть пальца в месте предполагаемого укола.

Наиболее удобно делать укол в мякоть пальца слева от средней линии, несколько отступя от ногтя.

Прокол кожи пальца производят стерильной иглой одноразового пользования, причем, иглу располагают строго перпендикулярно относительно места укола и вводят почти во всю длину ее острия, рассекая кожу поперек папиллярных линий.

Появившуюся каплю крови удаляют ватным тампоном. Затем кровь, свободно выделяющуюся из ранки или после легкого надавливания на мякоть пальца, берут для анализа с помощью микропипетки, обычно предварительно смоченной антикоагулянтом (противосвертывающим веществом).

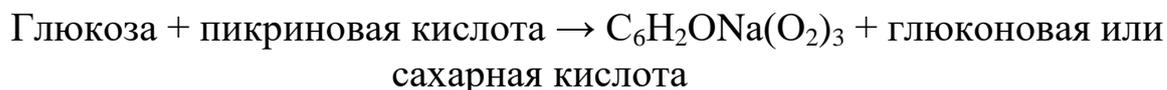
Кончиком микропипетки следует касаться каплей выступающей крови, избегая попадания в нее пузырьков воздуха.

Кончик микропипетки, куда забирают кровь, должен располагаться несколько выше, чем другой ее конец, что помогает лучшему поступлению крови в микропипетку.

После того как кровь будет взята, к ранке прикладывают ватный тампон, смоченный настойкой йода, и прижимают палец к ладони до остановки кровотечения.

**Опыт 1. Определение глюкозы в крови микрометодом по А.И. Покровскому.** Принцип метода. Глюкоза, имеющая в своей структуре карбонильную группу, легко окисляется в щелочной среде, а пикриновая кислота восстанавливается в соль пикраминовой кислоты, имеющей оранжево-красную окраску, интенсивность которой прямо пропорциональна концентрации сахара.

**Химизм реакции:**



**Ход опыта.** В центрифужную пробирку налить 1,9 мл дистиллированной воды и внести в нее 0,1 мл крови.

Осторожно взболтать и оставить на 5 минут для гемолиза крови.

Затем прибавить 0,5 мл насыщенного раствора пикриновой кислоты, перемешать и центрифугировать в течение 10 минут при 3000 об/мин.

Осторожно перенести прозрачный центрифугат (осадок не нужен) в чистую пробирку и добавить 1 мл 10 % раствора NaOH. Поставить пробирку в кипящую водяную баню на 3 минуты. Раствор окрасится в оранжево-красный цвет.

Колориметрировать на фотоэлектроколориметре при зеленом светофильтре (длина волны 568 мкм). Концентрацию глюкозы рассчитать по калибровочной кривой.

**Условия проведения опыта:** кровь у испытуемого взять в состоянии покоя, затем предложить испытуемому выполнить работу:

- одному – бег на месте в максимальном темпе в течение 15 секунд с поднятием колена до горизонтального положения и энергичным движением рук;

- второму – бег в умеренном темпе в течение 3 минут.

По окончании бега снова взять пробы крови еще раз. Хорошо при этом измерить ЧСС (пульс).

Полученные данные изобразить графически, по оси абсцисс показать условия опыта (покой, работа, отдых), а по оси ординат – ЧСС и концентрацию глюкозы крови.

**Опыт 2. Количественное определение глюкозы в крови орто-толуидиновым методом.** Принцип метода. Глюкоза в кислой среде с орто-толуидином при нагревании образует сине-зеленый комплекс, интенсивность которого зависит от концентрации глюкозы.

Для проведения реакции кровь с помощью трихлоруксусной кислоты (ТХУК) освобождают от белков, в том числе от окрашенного гемогло-

бина. В безбелковом растворе остаются все растворимые в воде вещества крови, в том числе и глюкоза.

#### **Ход опыта:**

1. В центрифужную пробирку вносят 1 мл 5 % раствора ТХУК и 0,1 мл крови, взятой из пальца, содержимое пробирки перемешивают и центрифугируют 30 минут при 3000 об/мин.

2. Из центрифужной пробирки в химическую вносят 0,2 мл верхнего прозрачного слоя центрифугата и добавляют 2 мл орто-толуидинового реактива.

3. Параллельно готовят стандартную пробу. Берут 0,2 мл рабочего раствора в пробирку, приливают 2,0 мл орто-толуидинового реактива.

4. Пробирки с анализируемой кровью и со стандартной пробой помещают в кипящую водяную баню на 8 минут.

5. Затем пробирки охлаждают до комнатной температуры.

6. Колориметрируют на ФЭКе или КФК с красным светофильтром в кювете шириной 5 мм.

7. Определив экстинкцию стандарта  $E_{\text{станд.}}$  и экстинкцию крови  $E_{\text{опыт.}}$ , производят расчет по формуле:

$$\frac{E_{\text{ОПЫТ.}}}{E_{\text{СТАНД.}}} \cdot 250 = \text{мг\% глюкозы} \cdot 0,05551 = \text{ммоль/л}$$

В лабораторной тетради законспектировать лабораторную работу в схематическом виде, привести расчеты, сделать комментарии.

Оформите отчет, отразите этапы выполнения опытов, опишите наблюдения и результаты. Сделайте общий вывод.

## **12 Биохимические изменения в организме при утомлении и в период отдыха**

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Определение активности каталазы в крови по Баху и Зубковой»

### **Теоретическая часть**

Биохимические изменения, приводящие к развитию утомления:

– снижение концентрации АТФ в нервных клетках и нарушение синтеза ацетилхолина в синаптических образованиях → нарушение дея-

тельности ЦНС по передаче нервных импульсов к работающим мышцам; в моторных центрах развивается охранительное торможение, связанное с образованием ГАМК;

- угнетение деятельности эндокринных желез → уменьшение выработки гормонов → снижение активности ферментов (скорость гидролиза АТФ в миофибриллах снижается);

- уменьшение активности ферментов аэробного ресинтеза АТФ → вторичное усиление гликолиза, сопровождающееся закислением внутренней среды;

- усиление катаболизма белковых соединений → повышение содержания мочевины в крови.

- в работающих мышцах при утомлении истощение запасов энергетических субстратов (креатинфосфата, гликогена), накопление продуктов распада (молочная кислота, кетоновые тела), резкие сдвиги внутриклеточной среды, нарушение регуляция процессов, связанных с энергетическим обеспечением мышц.

**Утомление** – комплексное явление, при котором причиной снижения работоспособности может быть выход из строя какого-либо одного компонента в сложной взаимосвязанной системе органов и функций, обеспечивающих выполнение работы, или нарушение взаимосвязи между ними.

Как правило, **при интенсивной кратковременной работе основной причиной утомления** служит развитие охранительного торможения в ЦНС из-за нарушения баланса АТФ/АДФ и угнетение миозиновой АТФ-азы в работающих мышцах под влиянием накопившихся продуктов обмена.

При **относительно умеренной и продолжительной работе основными причинами утомления** становятся факторы, связанные с нарушением деятельности механизмов энергообеспечения (например, истощение внутримышечных запасов гликогена или накопление продуктов неполного окисления жиров) и со снижением возбудимости мышц из-за выхода калия в межклеточное пространство.

**В период отдыха после работы** биохимические изменения, произошедшие в мышцах и других органах во время выполнения упражнения, постепенно ликвидируются.

В зависимости от общей направленности биохимических сдвигов в организме и времени, необходимого для их возвращения к норме, выделяются два типа восстановительных процессов – срочное и отставленное восстановление.

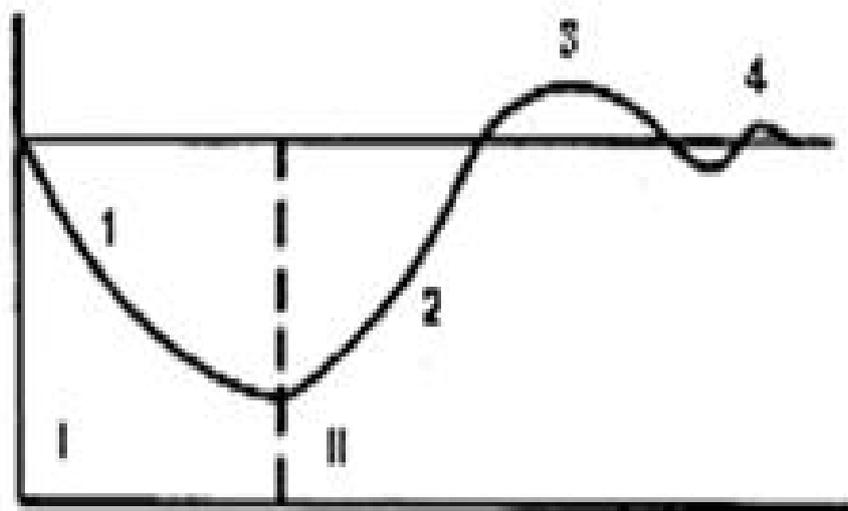


Рисунок 2. Схема процессов расходования источников энергии при мышечной деятельности (I) и восстановления их во время отдыха (II) (по Н.Н.Яковлеву, 1974)

- 1 - расходование,
- 2 - восстановление,
- 3 – сверхвосстановление,
- 4 – волнообразное возвращение к исходному уровню.

**Срочное восстановление** распространяется на первые 0,5-1,5 часа отдыха после работы; оно сводится к устранению накопившихся за время упражнения продуктов анаэробного распада и к оплате образовавшегося  $O_2$ -долга.

**Отставленное восстановление** распространяется на многие часы отдыха после работы. Оно заключается в усиливающихся процессах пластического обмена и в реставрации нарушенного во время упражнения ионного и эндокринного равновесия в организме. В период отставленного восстановления завершается возвращение к норме энергетических запасов организма, усиливается синтез разрушенных при работе структурных и ферментных белков.

Неодновременность восстановления различных показателей в периоде отдыха является важной биологической закономерностью и имеет большое практическое значение в процессе спортивной тренировки (**принцип гетерохронности биохимического восстановления**, Н. Р. Чаговец, Н. Н. Яковлев).

Интенсивность протекания восстановительных процессов и сроки восполнения энергетических запасов организма зависят от интенсивности

их расходования во время выполнения упражнения (**Правило Энгельгардта**).

Интенсификация процессов восстановления приводит к тому, что в определенный момент отдыха после работы запасы энергетических веществ превышают их дорабочий уровень (**суперкомпенсация или сверхвосстановление**).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие биохимические изменения происходят в организме при утомлении?
2. Какова роль центральных и периферических факторов в возникновении утомления?
3. Какова дальнейшая судьба молочной кислоты, поступившей в кровь при мышечной деятельности (перечислите все пути ее устранения)?
4. Какие биохимические изменения наблюдаются в скелетных мышцах при утомлении после длительной работы?
5. Каковы особенности протекания биохимических процессов в период отдыха после мышечной работы, их направленность.
6. В чем заключается гетерохронность восстановления различных веществ, затраченных на работе?
7. Какие процессы происходят в фазе срочного восстановления? Отставленного восстановления?
8. В чем сущность явления суперкомпенсации?

### **Лабораторная работа 13**

#### **Количественное определение содержания каталазы в крови по Баху и Зубковой**

Анализ динамики активности каталазы крови позволяет судить о влиянии физических нагрузок различной интенсивности и эмоциональности на функциональные изменения организма и скорости восстановительных процессов.

Снижение активности альдолазы и каталазы под влиянием тренировочной нагрузки средней по интенсивности и по объему может в некоторой степени, быть показателем начинающейся перетренировки организма спортсмена.

Количественное определение активности каталазы основано на реакции между перекисью водорода и перманганатом калия:



Раствор перекиси водорода оттитровывают раствором  $\text{KMnO}_4$ , затем к другой порции раствора добавляют определенное количество крови и после разложения части перекиси каталазой снова оттитровывают. Естественно, что чем меньше осталось  $\text{H}_2\text{O}_2$ , тем меньше  $\text{KMnO}_4$  пойдет на титрование.

Таким образом, о количестве разрушенной  $\text{H}_2\text{O}_2$  судят по разности количеств раствора  $\text{KMnO}_4$ , израсходованного на титрование до и после действия каталазы, а об активности фермента – по количеству  $\text{H}_2\text{O}_2$ , разложенному одним микролитром крови («каталазное число» крови).

Величина каталазного числа является показателем интенсивности окислительных процессов.

**Цель работы:** освоить метод количественного определения активности каталазы в крови; по активности каталазы крови дать биохимическое обоснование состоянию тренированности спортсмена.

#### **Оборудование и реактивы:**

Для взятия крови в условиях медицинского кабинета медицинским работником: скарификаторы стерильные, одноразовые; пипетки 0,1 мл; груша; спирт медицинский; раствор иода; вата.

Для определения каталазы: конические колбы на 100 мл; мерная колба на 100 мл; пипетки на 10 мл; груша; мерные пробирки на 5 мл; бюретка на 25 мл; 1 % раствор пероксида водорода; 10 % раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 0,1н раствор  $\text{KMnO}_4$ .

#### **Ход опыта**

Процедура взятия крови в условиях медицинского кабинета медицинским работником: кровь из мякоти концевой фаланги безымянного пальца набрать в микропипетку на 0,1 мл.

Взятую кровь осторожно перенести в мерную колбу на 100 мл, куда заранее налито примерно 10-20 мл дистиллированной воды.

Чтобы вся кровь из пипетки перешла в колбу, в пипетку 2 раза набрать и выпустить обратно жидкость из мерной колбы.

Колбу долить водой до метки (основной раствор крови 1 : 1000) и заметить время, когда кровь была разведена.

В 4 конические колбочки отмерить по 7 мл воды и 1 мл основного раствора крови.

В 2 колбочки сразу прилить по 5 мл 10 % -ного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , чтобы прекратить действие фермента каталазы.

Оставить все 4 колбочки при комнатной температуре стоять в течение 30 мин (считая от момента разведения крови).

Прилить в каждую из них по 2 мл 1 % -ного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  и вновь оставить на 30 мин.

Через 30 минут прилить в 2 оставшиеся колбочки по 5 мл 10 % раствора  $H_2SO_4$  и оттитровать содержимое всех колбочек 0,1 н раствором  $KMnO_4$  до розового окрашивания.

Из результатов титрования каждой пары колбочек взять среднее арифметическое.

Из результатов титрования контроля (колбочка, где каталаза была разрушена) вычесть результаты опыта. Разность умножить на 1,7 и получить «каталазное число» крови.

В лабораторной тетради законспектировать лабораторную работу в схематическом виде, привести расчеты, сделать комментарии.

Оформите отчет, отразите этапы выполнения опытов, опишите наблюдения и результаты.

Сделайте общий вывод.

### **13 Биохимические закономерности спортивной тренировки**

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Определение содержания мочевины в крови»

#### **Теоретическая часть**

С биологических позиций спортивная тренировка рассматривается как **процесс направленного приспособления организма (адаптации) к воздействию тренировочных нагрузок.**

Различают срочную и долговременную адаптацию.

**Срочная адаптация** – это ответ организма на однократное воздействие тренировочной нагрузки, выраженный в «аварийном» приспособлении к изменившемуся состоянию внутренней среды и сводящийся, преимущественно, к изменениям в энергетическом обмене и к активации высших нервных центров, ответственных за регуляцию энергетического обмена.

**Долговременная адаптация** развивается постепенно на основе многократной реализации срочной адаптации путем суммирования следов повторяющихся нагрузок.

**Тренирующий эффект**, оказываемый физическими упражнениями, может сказываться непосредственно после его выполнения (**срочный тренирующий эффект**), проявляться в последующие дни (**отставленный**

**эффект)** или быть следствием биохимических изменений, постепенно накапливающихся в процессе тренировки (**кумулятивный эффект**).

К основным принципам спортивной тренировки относятся:

- повторность и регулярность выполнения упражнений;
- правильное соотношение работы и отдыха;
- постепенность в увеличении тренировочных нагрузок.

Биохимическое обоснование перечисленных принципов вытекает из схемы процессов расходования и восстановления источников энергии при мышечной деятельности (рис. 3).

Проведение повторных тренировок в фазе утраченной суперкомпенсации (слишком редкие тренировки) не сможет привести к закреплению тренировочного эффекта, так как каждая последующая тренировка проводится после возвращения функциональных возможностей организма к исходному уровню.

Слишком частые тренировки, прерывающие стадию восстановления до достижения эффекта суперкомпенсации приводят к отрицательному взаимодействию тренировочных эффектов и снижению функциональных возможностей организма.

И только проведение повторных тренировок в фазе суперкомпенсации приводит к положительному взаимодействию тренировочных эффектов, закреплению следов срочной адаптации, росту тренируемой функции и формированию долговременной адаптации.

Однако не следует воспринимать приведенные выше правила слишком конкретно.

**Требование задавать нагрузку только в стадии суперкомпенсации справедливо лишь в долгосрочной перспективе.**

В рамках одного тренировочного микроцикла возможны серии тренировок в стадии недовосстановления, приводящие к более глубокому истощению тренируемой функции, что может быть использовано для получения более мощного роста функциональных возможностей в стадии суперкомпенсации, либо для вызванного тактической необходимостью переноса во времени эффекта суперкомпенсации.

**При тренировке** биохимические изменения в мышцах развиваются в определенной последовательности. Наиболее быстро увеличиваются возможности аэробных окислительных процессов и содержание гликогена, затем – содержание структурных белков мышц (миозина) и интенсивность гликолиза и, наконец, наиболее поздно – содержание креатинфосфата в мышцах.

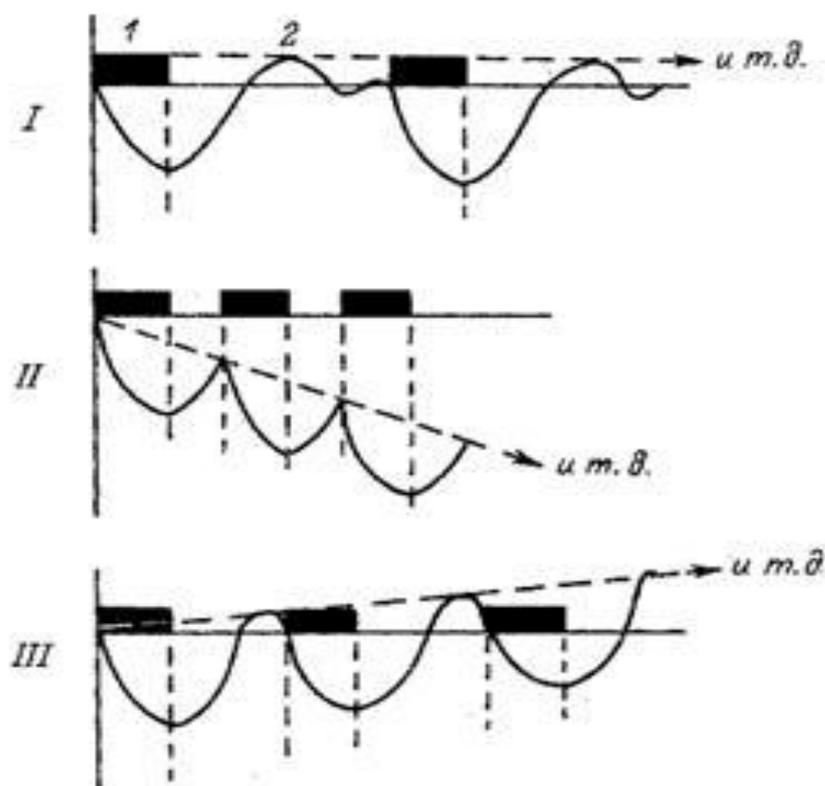


Рисунок 3. Взаимоотношение работы и отдыха в процессе тренировки (по Яковлеву Н.Н., 1974)

I - Повторная нагрузка применена, когда следы от предыдущей полностью сгладились (в результате – отсутствие изменений функционального уровня);

II - повторная нагрузка применена в фазе незаконченного процесса восстановления (в результате – понижение функционального уровня);

III - повторная нагрузка применена в фазе сверхвосстановления от предыдущей (в результате – повышение функционального уровня).

**При растренировке** (по прекращении тренировки) в первую очередь возвращается к исходному уровню содержание креатинфосфата, затем интенсивность гликолиза и содержание гликогена, еще позднее – содержание миозина и в последнюю очередь – интенсивность аэробных окислительных процессов.

Таким образом:

- наиболее быстро развиваются и наиболее долго сохраняются биохимические основы выносливости к длительной работе.

- биохимические основы быстроты и скоростной выносливости развиваются значительно медленнее и сохраняются по прекращении тренировки в течение небольшого периода.

**- развитие силы в процессе тренировки и сохранение ее при растренировке занимают как бы промежуточное положение.**

Биохимические изменения, происходящие при перетренировке, принципиально отличны от тех изменений, которые происходят при растренировке. При растренировке понижение, возвращение к исходному уровню различных биохимических показателей осуществляется в порядке, обратном повышению их в процессе тренировки. При перетренировке происходит нарушение этой, видимо, взаимообусловленной последовательности.

Здесь, прежде всего, имеет место нарушение процессов аэробного окисления, позднее – понижение интенсивности гликолиза и, наконец, при далеко зашедшей перетренированности – понижение содержания гликогена в мышцах.

### **Вопросы для самоконтроля**

3. В чем состоит сущность процессов адаптации организма к физическим нагрузкам?
4. Каковы основные принципы спортивной тренировки?
5. Как основные принципы спортивной тренировки согласуются с процессами адаптации организма к мышечной нагрузке?
6. Каковы правила выбора момента повторения работы на основании явления суперкомпенсации?
7. По каким биохимическим показателям тренированный организм отличается от нетренированного? В какой последовательности развиваются биохимические изменения при регулярной тренировке?
8. В какой последовательности развиваются биохимические изменения при растренировке?
9. Какими биохимическими изменениями характеризуется состояние перетренировки?

### **Лабораторная работа 14**

#### **Определение содержания мочевины в крови**

Под влиянием физических упражнений, особенно интенсивных и длительных, расщепление белков усиливается, что приводит к увеличению образования мочевины.

Изменение содержания мочевины в крови здорового человека является чувствительным показателем реакции организма на физические нагрузки.

У более тренированных людей увеличение синтеза мочевины при физической нагрузке выражено меньше, чем у нетренированных, а также быстрее приходит к норме уровень мочевины в крови в период отдыха после работы.

Если содержание мочевины в крови составляет 6-7 ммоль/л (для мужчин) и 4-5 ммоль/л (для женщин), то тренировочная нагрузка предыдущего дня была адекватна для организма.

Если содержание мочевины в крови составляет 4 ммоль/л или меньше, то тренировочная нагрузка была недостаточной, если выше 7 ммоль/л (для мужчин) и 5 ммоль/л (для женщин), то нагрузка была чрезмерной.

**Цель работы:** познакомиться с методом количественного определения мочевины в крови

**Оборудование и реактивы:** ФЭК или КФК, центрифуга, водяная баня, набор пипеток (0,01-2 мл), мерные колбы на 50 и 250 мл, центрифужные и химические пробирки; 5 % раствор тетрахлоруксусной кислоты (ТХУК); раствор №1 – водный, содержащий диацетилмонооксим, тиосемикарбазид и хлорное железо (цветной реактив); раствор №2 – 10 % раствор  $H_2SO_4$  (25 мл концентрированной кислоты на 225 мл воды); эталонный раствор мочевины, содержащий 100 мг в 100 мл воды;  $H_2O$  дистиллированная.

**Принцип метода.** Мочевина в сильно кислой среде образует с диацетилмонооксимом при наличии тиосемикарбазида и солей железа комплекс красного цвета.

Интенсивность окраски зависит от количества мочевины в исследуемом образце и оценивается колориметрированием.

#### **Ход опыта**

Рабочий раствор для определения цветной реакции готовят перед употреблением путем смешивания в равных количествах растворов №1 и №2.

В центрифужную пробирку вносят 1 мл 5 % раствора тетрахлоруксусной кислоты (ТХУК) и добавляют 0,1 мл крови, взятой из мякоти пальца. Центрифугируют 30 минут при 3000 об/мин.

В пробирку переносят 0,1 мл центрифугата и добавляют 2 мл рабочего раствора.

Одновременно обрабатывают эталонный раствор мочевины, для чего в пробирку берут 0,01 мл эталонного раствора мочевины и добавляют 2 мл рабочего раствора (при отсутствии пипетки на 0,01 мл эталонный раствор разводят 5 % раствором ТХУК в 10 раз и берут 0,1 мл разведенного раствора).

Содержимое пробирок перемешивают и помещают в кипящую водяную баню на 10 минут для развития окраски, после чего охлаждают.

Пробы колориметрируют с зеленым светофильтром, пользуясь кюветой 5 мм.

$$\text{Концентрация мочевины (мг\%)} = \frac{E_{\text{оп.}}}{E_{\text{ст.}}} \cdot 100 \text{мг\%} = \text{мгх} \cdot 6 = \text{ммоль/л}$$

## 14 Биохимическая характеристика основных качеств двигательной деятельности

План:

1. Теоретический разбор темы
2. Выполнение лабораторной работы «Определение в моче титруемой кислотности и аммиака»

### Теоретическая часть

Основными качествами двигательной деятельности является сила, быстрота и выносливость.

Сила – способность преодолевать внешнее сопротивление или противостоят ему.

**Биохимической основой силы** являются, прежде всего, структурные белки мышц и в особенности сократительный белок – миозин и величина его АТФ-азной активности, определяющей способность организма к быстрой мобилизации химической энергии АТФ и превращению ее в механическую энергию мышечного сокращения.

При этом сила сокращения или преодоления сопротивления для всей мышцы будет тем больше, чем больше ее масса, т. е. чем большим количеством структурных белков она располагает.

Быстрота характеризуется способностью выполнять работу максимальной или субмаксимальной интенсивности в минимально короткое время. **Биохимическая основа быстроты и скоростной выносливости** также связана с АТФ-азной активностью миозина, т. е. с быстротой мобилизации химической энергии.

Однако при выполнении большинства спортивных упражнений быстрота не мыслится без скоростной выносливости, т. е. способности продолжать быстрые и интенсивные мышечные сокращения во времени. Биохимическая же основа последней может быть связана с потенциальными возможностями анаэробного ресинтеза богатых энергией фосфорных соединений, а также с адаптацией организма к работе в относительно анаэробных условиях.

**Биохимической основой выносливости к длительной работе** являются потенциальные возможности дыхательного, аэробного ресинтеза богатых энергией фосфорных соединений и общая величина энергетических запасов организма (в первую очередь величина запасов гликогена в печени и мышцах).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что понимается под выносливостью? Быстротой? Скоростью?
2. Каковы биохимические и структурные факторы, определяющие проявления мышечной силы и скорости сокращения?
3. Опишите биохимические предпосылки проявления быстроты и скоростной выносливости.
4. Каковы биохимические особенности методов тренировки, направленных на усиление скоростных качеств спортсменов?
5. Какие биохимические процессы лежат в основе выносливости организма к длительной мышечной работе?
6. Охарактеризуйте алактатный, гликолитический и аэробный компоненты выносливости.
7. Какие биохимические показатели применяются для оценки выносливости?
8. Каковы биохимические особенности методов тренировки, направленных на развитие различных компонентов выносливости спортсменов?

### **Лабораторная работа 15**

#### **Определение креатинина, титруемой кислотности и аммиака в моче**

Определение в суточной моче креатинина может использоваться в качестве простого биохимического метода, позволяющего контролировать развитие силы.

Количество креатинина, выделяемое за 1 сутки, хорошо коррелирует с объемом мышечной массы человека. За сутки у здорового человека выделяется с мочой 1-2 г креатинина.

Для ориентировочного контроля за соотношением анаэробных и аэробных процессов в организме спортсмена, выполняющего спортивные упражнения на быстроту и выносливость, можно исследовать титруемую кислотность и аммиак в моче. Эти показатели отражают состояние кислотно – щелочного обмена в организме.

**Цель работы:** познакомиться с некоторыми биохимическими показателями, позволяющими контролировать развитие силы, быстроты и выносливости.

**Оборудование и реактивы:** моча, насыщенный раствор пикриновой кислоты, 10 % раствор NaOH, фенолфталеин, 0,1 н раствор NaOH, бюретка для титрования, колбочки, раствор формалина, 10 % раствор хромата калия; 0,1 н раствор AgNO<sub>3</sub>.

**Опыт 1. Количественное определение креатинина в моче.** Креатинин в щелочном растворе дает с пикриновой кислотой окрашенное в оранжевый цвет соединение, интенсивность окраски которого коррелирует с содержанием креатинина.

**Ход опыта.** К 1 мл мочи добавить 0,5 мл насыщенного раствора пикриновой кислоты, 1 мл 10 % раствора NaOH и 7 мл дистиллированной воды. Количественную оценку проводят путем сравнения интенсивности окраски со стандартной шкалой.

**Опыт 2. Определение в моче титруемой кислотности и аммиака.** Определение титруемой кислотности и аммиака проводится в одной пробе.

**Ход опыта.** В колбочку налить 10 мл исследуемой мочи и 10 мл воды, добавить 2-3 капли фенолфталеина и титровать 0,1 н раствором NaOH до розовой окраски.

Записать количество пошедшей на титрование щелочи – оно соответствует титруемой кислотности мочи.

В ту же колбу добавить 3 мл формалина (окраска исчезает).

Повторно титруют 0,1 н раствором NaOH до появления розовой окраски. Записать количество пошедшей на титрование щелочи.

**Расчет.** Титруемую кислотность мочи обычно пересчитывают на соляную кислоту.

1 мл 0,1 н. NaOH эквивалентен 0,00365 г HCl

a мл 0,1 н. NaOH эквивалентен            x г HCl

$$\text{отсюда } X = \frac{a \cdot 0,00365}{1} \text{ мг HCl.}$$

Затем вычисляют титруемую кислотность в суточном объеме мочи. В норме титруемая кислотность равна 1,0-2,3 г HCl в сутки.

Для расчета суточного количества аммиака исходят из того, что **1 мл 0,1н NaOH соответствует 1,7 мг NH<sub>3</sub>**, дальнейший расчет проводят самостоятельно. Результат записывают.

## **15 Биохимическая характеристика спортивной специализации. Биохимические основы питания спортсменов (семинар)**

### **Основные вопросы для подготовки**

1. Биохимическая характеристика циклических видов спорта (ходьба, бег, плавание, лыжи, велоспорт, коньки).
2. Биохимическая характеристика ациклических видов спорта (борьба, спортивные игры, гимнастика, бокс и др.).
3. Влияние условий среднегорья на биохимические изменения у спортсменов при тренировках и соревнованиях.
4. Биохимические основы питания спортсменов
  - зависимость суточных энергозатрат человека от возраста, условий жизни, вида трудовой деятельности;
  - энергетическая ценность углеводов, липидов, белков, их участие в энергетическом обеспечении процессов жизнедеятельности.
5. Соотношение белков, жиров и углеводов в пищевом рационе спортсменов.
6. Роль витаминов в питании спортсменов.
7. Роль минеральных веществ в питании спортсменов.
8. Пути повышения работоспособности спортсменов с помощью факторов питания.

### **Список рекомендуемой литературы**

#### **Основная**

1. Михайлов, С. С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и средних учебных заведений / С. С. Михайлов. – М. : Советский спорт, 2004. – 219 с.
2. Биохимия: учебно-методический комплекс / А.С. Базулько, И.Л. Гилеп, И.Н. Рубчя. – Минск: БГУФК, 2013. – 131 с.
3. Базулько, А. С. Биохимические основы спортивной мышечной деятельности: учебное пособие для вузов / А. С. Базулько – Минск: БГУФК, 2006. – 85 с.

#### **Дополнительная**

4. Актуальные проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI века: материалы Всероссийской научно-практической с международным

участием интернет-конференции (Москва, 10-26 апреля 2017 г.) /под общ. ред. Р.В. Тамбовцевой, В.Н. Черемисинова, С.Н. Литвиненко, И.А. Никулиной и др. – Москва: Изд-во РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), 2017. – 490 с.

5. Биохимия спорта с основами спортивной фармакологии: учебное пособие для среднего профессионального образования / Л. В. Капилевич, Е. Ю. Дьякова, Е. В. Кошельская, В. И. Андреев. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 151 с. – (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11892-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/457158> (дата обращения: 24.02.2020).

6. Чиркин А.А. Краткий курс спортивной биохимии / Методические рекомендации. – Витебск: Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, 2017. – 54 с.

7. Базулько, А.С. Термины и понятия по спортивной биохимии / А.С. Базулько, В.А. Пыжова. – Минск: БГУФК, 2010. – 56 с.

8. Базулько, А. С. Термины и понятия по общей биохимии: пособие / А. С. Базулько, В. А. Пыжова – Минск: БГУФК, 2008. – 74 с.

9. Базулько, А.С. Термины и понятия по спортивной биохимии / А.С. Базулько, В.А. Пыжова. – Минск: БГУФК, 2010. – 56 с.

10. Пыжова, В. А. Витамины и их роль при мышечной деятельности: учеб.пособие / В. А. Пыжова – Минск : БГАФК, 2001. – 50 с.

11. Пыжова, В. А. Гормоны и их роль при мышечной деятельности: учеб.пособие по биохимии для студентов БГУФК / В. А. Пыжова – Минск, 2006 – 62 с.

12. Пыжова, В. А. Обмен минеральных веществ и его роль при мышечной деятельности: пособие по биохимии для студентов БГУФК / В. А. Пыжова, А. С. Базулько – Минск, 2006 – 43 с.

## Теоретическая часть

Для биохимической характеристики различных видов спорта их делят на циклические и ациклические.

**Циклические виды** спорта (упражнения) характеризуются повторностью фаз движения и различаются по относительной мощности работы, характеру движения и среде, в которой они выполняются.

**Ациклические виды** спорта не имеют повторности фаз, хотя нередко присутствует элемент цикличности движения (прыжки с разбега).

Они включают упражнения кратковременные, однократные (или комбинации их), требующие проявления максимальной или субмаксимальной мощности (метания, поднятие тяжестей, гимнастика).

К ациклическим относятся виды спорта, в которых характер и мощность все время изменяются:

- единоборства;
- спортивные игры.

Основное значение для биохимической оценки вида спорта имеет мощность работы.

### **Основные принципы питания спортсменов:**

– Снабжение организма необходимым количеством энергии, соответствующим ее расходу в процессе выполнения физических нагрузок.

– Соблюдение сбалансированности питания применительно к определенным видам спорта и интенсивности физических нагрузок, включая распределение энергетической ценности основных пищевых веществ, которое будет изменяться в зависимости от периодов подготовки к соревнованиям.

– Выбор адекватных форм питания в периоды интенсивных и длительных физических нагрузок, непосредственной подготовки к соревнованиям, самих соревнований и последующего восстановления.

– Использование пищевых веществ для активации и регуляции внутриклеточных метаболических процессов в различных органах и тканях.

– Разнообразие пищи за счет использования широкого ассортимента продуктов и применения разных приемов их кулинарной обработки.

– Включение в рационы биологически полноценных и быстропереваривающихся продуктов и блюд.

– Использование пищевых факторов для повышения скорости наращивания мышечной массы и увеличения силы, а также для регулирования массы тела в зависимости от весовой категории спортсмена.

– Индивидуализация питания в зависимости от антропометрических, физиологических и метаболических характеристик спортсмена, состояния его пищеварительной системы, личных вкусов и привычек.

В основе построения **суточного рациона питания** спортсменов лежит формула сбалансированного питания. Потребность спортсмена в энергии и пищевых веществах существенно различается, прежде всего в зависимости от вида спорта и объема выполненной работы.

Главные различия между спортсменами в их потребности в энергии и пищевых веществах связаны со спецификой вида спорта (другие факторы могут изменять эти потребности, например период подготовки).

Потребность в основных пищевых веществах связана с общей калорийностью рациона и рассчитывается с учетом калорийности, обеспе-

чиваемой каждым пищевым веществом. Согласно формуле сбалансированного питания это составляет

$$\text{белки} : \text{жиры} : \text{углеводы} = 14 : 30 : 56$$

Используя эту формулу, можно рассчитать энергетическую ценность каждого из пищевых веществ в рационе, а затем с помощью энергетических коэффициентов вычислить содержание основных пищевых веществ в весовых единицах.

Так, при калорийности рациона 4500 ккал на долю белков приходится 630 ккал, на долю жиров – 1350 ккал, а на долю углеводов – 2520 ккал.

Зная энергетические коэффициенты основных пищевых веществ при окислении их в организме (1 г белков – 4,1 ккал, 1 г жиров – 9,3 ккал, 1 г углеводов – 4,1 ккал), можно вычислить содержание в рационе каждого из них в граммах. В данном рационе количество белков составляет 154 г, жиров – 145, углеводов – 615 г.

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте биохимическую характеристику Вашему виду спорта. Подготовьтесь к заполнению анкеты по спортивной специализации.
2. Каковы основные принципы питания спортсменов?
3. От каких факторов зависит потребность спортсмена в пищевых веществах?
4. Что представляет из себя формула сбалансированного питания? Кем она была разработана?
5. Чему равны энергетические коэффициенты окисления основных пищевых веществ?
6. Какова суточная норма потребления углеводов, белков, жиров в зависимости от энергозатрат?
7. Охарактеризуйте потребность в витаминах у спортсменов.
8. Какова роль минеральных веществ в питании спортсменов?
9. Какова суточная потребность в белках, углеводах, липидах, в Вашем виде спорта?

### Упражнения

1. Заполните анкеты «Биохимическая характеристика спортивной специализации» и «Биохимическая характеристика тренированности».
2. Разработайте рацион питания для своего вида спорта.
3. Ответьте на тестовые вопросы
  - 3.1. Рассчитайте массу белков в суточном рационе, если на их долю приходится 560 ккал  
А) 129 г; В) 137 г; С) 254 г; D) 420 г; E) 546 г.

3.2. Рассчитайте количество ккал, приходящихся на жиры, если суточные энергозатраты составляют 4000 ккал

A) 360 ккал; B) 460 ккал; C) 560 ккал; D) 1200 ккал; E) 2240 ккал.

3.3. В процессе тренировок и соревнований особенно возрастает потребность в следующем комплексе витаминов:

A) C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, E ; B) A, D, C; C) B<sub>6</sub>, A, D;

D) K, B<sub>3</sub>, A; E) C, B<sub>6</sub>, B<sub>3</sub>, A, E.

3.4. Сбалансированность кальция и фосфора в рационе спортсмена определяется соотношением:

A) 1 : 1,5; B) 1 : 1; C) 1,5 : 1; D) 0,5 : 1; E) 1 : 0,5.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI века: материалы Всероссийской научно-практической с международным участием интернет-конференции (Москва, 10-26 апреля 2017 г.) /под общ. ред. Р.В. Тамбовцевой, В.Н. Черемисинова, С.Н. Литвиненко, И.А. Никулиной и др. – Москва: Изд-во РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), 2017. – 490 с.
2. Биохимия: учебно-методический комплекс / А.С. Базулько, И.Л. Гилеп, И.Н. Рубчяня. – Минск: БГУФК, 2013. – 131 с.
3. Базулько, А. С. Биохимические основы спортивной мышечной деятельности: учебное пособие для вузов / А. С. Базулько – Минск: БГУФК, 2006. – 85 с.
4. Базулько, А.С. Термины и понятия по спортивной биохимии / А.С. Базулько, В.А. Пыжова. – Минск: БГУФК, 2010. – 56 с.
5. Биохимия спорта с основами спортивной фармакологии : учебное пособие для среднего профессионального образования / Л. В. Капилевич, Е. Ю. Дьякова, Е. В. Кошельская, В. И. Андреев. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 151 с. – (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11892-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/457158> (дата обращения: 24.02.2020).
6. Биохимия: сборник лабораторных работ / В.В. Шапкарин, А.П. Королев, С.Б. Гридина, Е.П. Зинкевич; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.- Кемерово, 2005.- 84 с.
7. Глоссарий по биохимии / <https://klavogonki.ru/vocs/90578/> (дата обращения 23.01.2020 г.)
8. Могилев В.Е. Биохимические основы мышечной деятельности / Хабаровск: ДВГАФК, 2014 – 68 с. – ISBN 978-5-8028-0170-3.
9. Селезнева И.С., Иванцова М.Н. Биохимические изменения при занятиях физкультурой и спортом / Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 162 с. – ISBN 978-5-7996-2551-1.
10. Могилев В.Е. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности / Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – Хабаровск: Дальневосточная государственная академия физической культуры, 2013. – 50 с.

11. Михайлов С.С. Биохимия двигательной деятельности / Учебник для вузов и колледжей физической культуры / С. С. Михайлов. – 6-е изд., доп. – М.: Спорт, 2016. – 296 с. : ил. ISBN 978-5-906839-41-1
12. Михайлов С.С. Биохимия двигательной деятельности / Учебник для вузов и колледжей физической культуры / С. С. Михайлов. – 6-е изд., доп. – М.: Спорт, 2016. – 296 с. : ил. ISBN 978-5-906839-41-1
13. Соломина, Т. В. Биохимия обменных процессов: Учеб. пособие / Т.В. Соломина. - Челябинск: Урал, 2009. – 94 с.
14. Михайлов, С. С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и средних учебных заведений / С. С.Михайлов. – М.: Советский спорт, 2004. – 219 с.
15. Пыжова, В. А. Витамины и их роль при мышечной деятельности: учеб.пособие / В. А. Пыжова – Минск: БГАФК, 2001. – 50 с.
16. Пыжова, В. А. Гормоны и их роль при мышечной деятельности: учеб.пособие по биохимии для студентов БГУФК / В. А. Пыжова – Минск, 2006 – 62 с.
17. Пыжова, В. А. Обмен минеральных веществ и его роль при мышечной деятельности: пособие по биохимии для студентов БГУФК / В. А. Пыжова, А. С. Базулько – Минск, 2006 – 43 с.
18. Рон Мохан, Майкл Глессон, Пауль Л. Гринхафф. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки. – Киев: Олимпийская литература, 2001. – 345 с.
19. Воронцов П.Г.. Щербелева К.В. Биохимические основы питания при занятиях различными видами спорта // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2015. - №1., С. 89-94.
20. Чиркин А.А. Краткий курс спортивной биохимии / Методические рекомендации. – Витебск: Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, 2017. – 54 с.
21. Филиппович Ю. Б., Коничев А.С., Севастьянова Г.А., Кутузова Н.М. Биохимические основы жизнедеятельности человека: Уч. пособие для студентов вузов.- М.: ВЛАДОС, 2015. – 342 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа имеет своей целью совокупную оценку вклада самостоятельного изучения студентами следующих тем:

- Обмен веществ в организме человека.
- Энергетика мышечной деятельности.
- Динамика биохимических процессов при мышечной деятельности.
- Биохимическая характеристика качеств силы, быстроты и выносливости спортсменов.
- Биохимический контроль в спорте.
- Биохимическая характеристика различных видов спорта.

Положительная аттестация по самостоятельной работе является обязательным условием допуска студентов к экзамену. Написанию самостоятельной работы должно предшествовать изучение перечисленных тем на лекции и лабораторных занятиях, в процессе самоподготовки с использованием рекомендованной литературы и самостоятельное закрепление изученного материала с использованием представленных ниже заданий.

Задания распределены по 6 вариантам. Каждый вариант включает ряд вопросов, представленных ниже. Преподаватель оценивает работу студента по 100-балльной системе и выставляет отметку. Самостоятельная работа в зависимости от количества правильных ответов на поставленные вопросы оценивается положительно или отрицательно.

### **При подготовке к выполнению работы необходимо:**

1. Изучить перечень вопросов по каждой теме предложенной работы.

2. Выбрать по два вопроса из предложенных (если студент претендует на оценку «хорошо», соответствующую не более 89 баллов), или три (если студент претендует на оценку «отлично», соответствующую не менее 90 баллов).

3. Используя основную и дополнительную литературу, найти ответы на все вопросы по данным темам. Далее оформляется ответ в виде реферата и презентации.

4. Из предложенных тем студент готовит презентацию для защиты (не менее 15 слайдов в презентации)

4. Завершить изучение каждой темы самоконтролем знаний или контролем знаний на учебном занятии, используя представленные ниже задания.

5. Преподаватель, предварительно оценив работу студента, предлагает к защите подготовленные вопросы.

## **А. Теоретические вопросы**

### **Тема 1. Обмен веществ в организме человека**

#### **Вопросы для изучения:**

1. Химический состав организма человека. Содержание воды, углеводов, липидов, белков, минеральных веществ в организме.
2. Ферменты как биологические катализаторы белковой природы.
3. Понятие о витаминах и их роль в регуляции обмена веществ.
4. Понятие о гормонах и их роль в регуляции обмена веществ.
5. Понятие об углеводах, их биологическая роль и классификация.
6. Понятие о липидах, их биологическая роль и классификация.
7. Понятие о белках, их биологическая роль и классификация.

### **Тема 2. Энергетика мышечной деятельности**

#### **Вопросы для изучения:**

1. Понятие об аэробном и анаэробном окислении веществ. Основные источники энергии, их депонирование в организме человека.
2. Понятие о макроэргических веществах и их роли в энергетическом обмене организма. Особенности строения молекул АТФ и АДФ. Роль АТФ в энергетическом обмене.
3. Основные энергетические процессы при мышечной деятельности. Их кинетические особенности.
4. Ресинтез АТФ в креатинфосфокиназной реакции.
5. Кинетические особенности этой реакции и ее роль при мышечной деятельности
6. Понятие о гликолизе.
7. Образование и устранение избытка молочной кислоты (лактата). Кинетические особенности гликолиза и его роль при мышечной деятельности.
8. Ресинтез АТФ в процессе окислительного фосфорилирования. Кинетические особенности и роль аэробногоресинтеза АТФ при мышечной деятельности.
9. Последовательность развития процессов ресинтеза АТФ в организме при переходе от состояния покоя к активной мышечной деятельности.

### **Тема 3. Динамика биохимических процессов при мышечной деятельности**

#### **Вопросы для изучения:**

1. Биохимическая характеристика различных видов спортивной мышечной деятельности по зонам относительной мощности работы.
2. Биохимические изменения в крови, мышцах, печени при мышечной деятельности в зонах максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощности.
3. Биохимические изменения в организме, приводящие к развитию утомления при мышечной деятельности.
4. Особенности протекания биохимических процессов в период отдыха после мышечной деятельности.
5. Явление суперкомпенсации веществ и его роль в процессе тренировки.

### **Тема 4. Биохимическая характеристика качеств силы, быстроты и выносливости спортсменов**

#### **Вопросы для изучения:**

1. Биохимические особенности основных типов мышечных волокон.
2. Биохимические основы качества силы мышц.
3. Биохимические основы качества быстроты мышц.
4. Биохимические основы качества выносливости. Понятие о видах специальной выносливости спортсменов.

### **Тема 5. Биохимический контроль в спорте**

#### **Вопросы для изучения:**

1. Биохимическая характеристика срочного, отставленного и кумулятивного эффектов тренировки.
2. Биохимическая характеристика состояния тренированности организма.
3. Основные показатели крови, изучаемые при биохимическом контроле в спорте.
4. Нормальное содержание глюкозы, молочной кислоты (лактата), мочевины в крови человека.

### **Тема 6. Биохимическая характеристика различных видов спорта**

#### **Вопросы для изучения:**

1. Специфичность биохимической адаптации организма при занятиях различными видами спорта.

2. Особенности биохимической адаптации организма при выполнении физических упражнений в циклических видах спорта (легкоатлетический бег, спортивная ходьба, лыжные гонки, плавание).
3. Особенности биохимической адаптации организма при выполнении физических упражнений в видах спорта с переменной мощностью работы (спортивные игры, гимнастика, борьба, бокс).
4. Особенности биохимической адаптации организма при выполнении физических упражнений в ациклических видах спорта (тяжелая атлетика, метания, прыжки).

## **Б. Темы для подготовки презентации**

### **Тема 1. Химический состав организма человека**

**Содержание.** Содержание воды в организме, ее распределение между отдельными тканями.

Важнейшие водно-дисперсные системы организма: кровь, лимфа, моча, слюна и др., их химический состав.

Биохимический контроль в спорте.

Биохимические критерии состояния тренированности.

Биохимическое обоснование выбора методов оценки тренированности.

### **Тема 2. Ферменты и витамины**

**Содержание.** Систематизировать материал о действии разных витаминов на организм.

Характеристика отдельных витаминов (биологическая роль, суточная потребность, пищевые источники витаминов).

### **Тема 3. Обмен углеводов**

**Содержание.** Биосинтез и мобилизация гликогена в печени, регуляция этих процессов.

Сравнение различных путей распада глюкозо-6-фосфата

### **Тема 4. Обмен белков**

**Содержание.** Заменяемые и незаменимые аминокислоты.

Структура белка.

Обмен белков. Пути использования аминокислот в организме.

### **Тема 5. Обмен липидов**

**Содержание.** Классификация липидов.

Строение липидов. Роль печени в обмене липидов.

Кетоновые тела как источники энергии в мышечной ткани.  
Систематизация материала в виде схем

### **Тема 6. Биоэнергетика**

**Содержание.** Анаэробное и аэробное окисление. Общие представления о химическом составе и структуре ферментов биологического окисления. Окислительное фосфорилирование. Свободное окисление.

Взаимосвязь и регуляция процессов обмена веществ в организме человека. Нервная регуляция обмена веществ. Важнейшие нейромедиаторы.

### **Тема 7. Обмен воды и минеральных веществ**

**Содержание.** Потребность организма в различных минеральных соединениях и ее изменение в зависимости от внешних условий и функционального состояния.

### **Тема 8. Биохимия мышц и мышечного сокращения**

**Содержание.** Макроэргические соединения мышц, концентрация и распределение их в мышечном волокне.

Важнейшие белки мышц, их свойства и структурная организация в мышечном волокне.

Биоэнергетические процессы при мышечной деятельности

Критерии мощности, емкости, эффективности мышечной деятельности.

Биохимические изменения при работе различного характера

Биохимические изменения в скелетных мышцах, крови, миокарде, печени, головном мозге при мышечной деятельности различного характера

### **Тема 9. Биохимические изменения в организме в период отдыха**

**Содержание.** Порядок восстановления нормальных биохимических соотношений в периоде отдыха, важная биологическая закономерность и большое практическое значение в процессе спортивной тренировки.

### **Тема 10. Закономерности биохимической адаптации в процессе тренировки**

**Содержание.** Биохимическое обоснование методики занятий физическими упражнениями и спортом с лицами разного возраста.

Биохимическое обоснование положительного влияния систематических занятий физическими упражнениями и спортом на здоровье и работоспособность человека в различные возрастные периоды.

Биохимическая характеристика основных двигательных качеств спортсмена.

Влияние среднегорья и высокогорья на биохимические процессы в организме человека.

Биохимическое обоснование использования тренировок в среднегорье для повышения работоспособности спортсменов.

### **Список рекомендуемой литературы для выполнения заданий**

#### **Основная**

1. Волков, Н. И. Биохимия мышечной деятельности: учебник для вузов физич. воспитания и спорта / Н. И. Волков [и др.]. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.

2. Михайлов, С. С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и средних учебных заведений / С. С. Михайлов. – М. : Советский спорт, 2004. – 219 с.

3. Биохимия: учебно-методический комплекс / А.С. Базулько, И.Л. Гилеп, И.Н. Рубчяня. – Минск: БГУФК, 2013. – 131 с.

4. Базулько, А. С. Биохимические основы спортивной мышечной деятельности: учебное пособие для вузов / А. С. Базулько – Минск: БГУФК, 2006. – 85с.

#### **Дополнительная**

5. Базулько, А. С. Термины и понятия по общей биохимии: пособие / А. С. Базулько, В. А. Пыжова – Минск: БГУФК, 2008. – 74 с.

6. Базулько, А.С. Термины и понятия по спортивной биохимии / А.С. Базулько, В.А. Пыжова. – Минск: БГУФК, 2010. – 56 с.

7. Воронцов П.Г., Щербелева К.В. Биохимические основы питания при занятиях различными видами спорта // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2015. - №1., С. 89-94.

8. Пыжова, В. А. Витамины и их роль при мышечной деятельности: учеб. пособие / В. А. Пыжова – Минск : БГАФК, 2001. – 50 с.

9. Пыжова, В. А. Гормоны и их роль при мышечной деятельности: учеб. пособие по биохимии для студентов БГУФК / В. А. Пыжова – Минск, 2006 – 62 с.

10. Пыжова, В. А. Обмен минеральных веществ и его роль при мышечной деятельности: пособие по биохимии для студентов БГУФК / В. А. Пыжова, А. С. Базулько – Минск, 2006 – 43 с.

11. Яковлев, Н. Н. Биохимия спорта / Н. Н. Яковлев. – М. : ФиС, 1974. – 288 с.

12. Яковлев, Н. Н. Химия движения: молекулярные основы мышечной деятельности / Н. Н. Яковлев – Л. : Наука, 1983. – 192 с.

13. Актуальные проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI века: материалы Всероссийской научно-практической с международным участием интернет-конференции (Москва, 10-26 апреля 2017 г.) /под общ. ред. Р.В. Тамбовцевой, и др. – Москва: Изд-во РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), 2017. – 490 с.

## ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ПО РАЗДЕЛУ «ОБЩАЯ БИОХИМИЯ»

1. К соединениям, состоящим из аминокислотных мономеров относятся  
А) Белки.  
В) Жиры.  
С) Липиды.  
D) Моносахариды, олигосахариды, полисахариды.  
E) Дисахариды.
2. Значение водородного показателя рН крови имеет диапазон значений...  
А) рН = 5,36 – 5,44;  
В) рН = 6,36 – 6,44;  
С) рН = 7,36 – 7,44;  
D) рН = 8,36 – 8,44;  
E) рН = 9,36 – 9,44;
3. Выполняет функцию переноса кислорода и углекислого газа белок...  
А) Миозин.  
В) Инсулин.  
С) Коллаген.  
D) Кератин.  
E) Гемоглобин.
4. Какую функцию выполняют в организме белки иммуноглобулины?:  
А) Транспортную функцию.  
В) Гормональную и каталитическую функцию.  
С) Защитную функцию.  
D) Каталитическую функцию.  
E) Сократительную функцию.
5. Основным протеолитическим ферментом желудка является...  
А) Трипсин;  
В) Пепсин;  
С) Химотрипсин;  
D) Аминопептидаза;  
E) Карбоксипептидаза.
6. Конечный продукт процесса гликолиза, осуществляемого в анаэробных условиях, является  
А) Этиловый спирт;  
В) ПВК;  
С) Молочная кислота;  
D) Липоевая кислота;  
E) Фосфоглицериновая кислота.
7. Какой из перечисленных процессов соответствует перевариванию углеводов в ЖКТ?

- A) Распад моносахаридов до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;
  - B) Распад моносахаридов до молочной кислоты;
  - C) Расщепление дисахаридов до моносахаридов;
  - D) Распад гликогена до молочной кислоты;
  - E) Фосфолиз гликогена.
8. В цикле Кребса не наблюдается превращение:
- A) Пируват  $\rightarrow$  лактат;
  - B) Изоцитрат  $\rightarrow$   $\alpha$ -кетоглутарат;
  - C) Цитрат  $\rightarrow$  цис-аконитат;
  - D) Фумарат  $\rightarrow$  малат;
  - E) Малат  $\rightarrow$  оксалоацетат
9. Тиаминпирофосфат используется как кофермент в процессе:
- A) Переаминирования аминокислот с кетокислотами;
  - B) Окислительного декарбоксилирования кетокислот;
  - C) Окислительного дезаминирования аминокислот;
  - D) Дегидратации гидроксикислот;
  - E) Переноса ацильных групп.
10. В поджелудочной железе синтезируется гормон
- A) Тестостерон;
  - B) Тироксин;
  - C) Глюкагон;
  - D) Тиреотропин;
  - E) Тиреолиберин.
11. Конечный продукт гликолиза в анаэробных условиях.
- A) Этиловый спирт;
  - B) ПВК;
  - C) Молочная кислота;
  - D) Липоевая кислота;
  - E) Фосфоглицериновая кислота.
12. Каков энергетический эффект полного распада глюкозы в аэробных условиях?
- A) 22 моль АТФ;
  - B) 24 моль АТФ;
  - C) 28 моль АТФ;
  - D) 34 моль АТФ ;
  - E) 38 моль АТФ.
13. Ион участвующий в свертывании крови
- A)  $\text{Ca}^{2+}$
  - B)  $\text{Na}^+$
  - C)  $\text{Pb}^{2+}$
  - D)  $\text{Ba}^{2+}$

Е)  $\text{Hg}^{2+}$

14. Место локализации йода

- А) щитовидная железа
- В) костная ткань
- С) кожа
- Д) печень
- Е) поджелудочная железа

15. В селезенке, эритроцитах, печени и костном мозге накапливается:

- А) железо
- В) марганец
- С) кальций
- Д) йод
- Е) натрий

16. Во внеклеточной жидкости сосредоточены ионы:

- А) натрия
- В) железа
- С) цинка
- Д) кальция
- Е) калия

17. Во внутриклеточной жидкости сосредоточены ионы:

- А) калия
- В) железа
- С) цинка
- Д) кальция
- Е) натрия

18. Критерием классификации биоэлементов является.....

- А) количественное содержание в организме
- В) способность в синтезе биологически активных соединений
- С) участие в регуляции активности ферментов
- Д) участие в образовании буферных систем
- Е) способность давать нерастворимые соединения

19. Продуктом распада пуриновых нуклеозидов является ...

- А) мочевая кислота
- В) молочная кислота
- С) пировиноградная кислота
- Д) аланин
- Е) серин

20. Терминаторные кодоны
- А) кодоны и-РНК, не несущие информации ни об одной аминокислоте
  - В) антикодоны т-РНК
  - С) кодоны ДНК, комплементарные кодонам и-РНК
  - Д) информативные кодоны и-РНК, участвующие в регуляции биосинтеза белка
  - Е) иницирующие синтез белков кодоны и-РНК
21. Трансляция – процесс ...
- А) биосинтеза белка на рибосомах
  - В) биосинтеза ДНК в ядре
  - С) передачи информации от ДНК к и-РНК
  - Д) окисления мононуклеотидов
  - Е) синтеза тетрануклеотидов
22. Транскрипция – это перенос информации...
- А) ДНК → иРНК
  - В) тРНК → α-аминокислота
  - С) иРНК → тРНК
  - Д) иРНК → белок
  - Е) ДНК → ДНК
23. Синтез ДНК называют:
- А) репликация
  - В) трансляция
  - С) транскрипция
  - Д) трансдукция
  - Е) транслокация
24. Каким соединениям комплементарны аденин и гуанин в молекуле РНК
- А) урацил, цитозин
  - В) гуанин, тимин
  - С) глицин, серин
  - Д) триптофан, цистеин
  - Е) цитозин, аденин
25. Сколько α-аминокислот кодируют кодоны иРНК, состоящие из шести мононуклеотидов
- А) 2
  - В) 1, 6, 4
  - С) 5
  - Д) 7, 3, 1
  - Е) 6, 3, 1

26. С ДНК связаны белки:

- А) гистоны
- В) альбумины
- С) глобулины
- Д) глютелины
- Е) проламины

27. Передачу генетической информации можно выразить схемой

- А) ДНК → и РНК → белок
- В) НАД → ФАД → КоQ
- С)  $E+S \rightarrow ES \rightarrow E+P$ ;
- Д) цитв → цитс → цита
- Е)  $SH_2 \rightarrow \text{ФАД} \rightarrow O_2$

28. Какое соединение является носителем генетической информации в хромосомах?

- А) ДНК;
- В) тРНК;
- С) рРНК
- Д) кефалин;
- Е) гепарин.

29. Какая химическая связь участвует в образовании вторичной структуры нуклеиновых кислот

- А) водородная
- В) пептидная
- С) сложноэфирная
- Д) ионная
- Е) гидрофобная

30. Форма вторичной структуры т-РНК

- А) клеверный лист;
- В) эллипсоидная
- С) цилиндрическая
- Д) шарообразная
- Е) линейная

31. Первичная структура нуклеиновых кислот определяется ...

- А) последовательным расположением остатков молекул нуклеотидов в полинуклеотидной цепи;
- В) расположением нуклеозидов в полинуклеотидной цепи;
- С) последовательным расположением остатков молекул  $\alpha$ -аминокислот в цепи биополимера;
- Д) чередованием пуриновых и пиримидиновых оснований в полинуклеотидной цепи;

- Е) чередованием дезоксирибозы и рибозы в цепи биополимеров.
32. Какая неорганическая кислота обнаруживается в гидролизате ДНК?
- А) фосфорная;
  - В) угольная;
  - С) серная
  - Д) азотная
  - Е) уксусная
33. Укажите фрагмент молекулы нуклеотида ДНК
- А) аденин-дезоксирибоза-фосфорная кислота;
  - В) цитозин- глюкоза- фосфорная кислота;
  - С) урацил- рибоза- фосфорная кислота;
  - Д) гуанин- рибоза- фосфорная кислота;
  - Е) аденин- рибоза- серная кислота
34. Чем отличается нуклеозид от нуклеотида?
- А) отсутствием остатка молекулы фосфорной кислоты;
  - В) наличием остатка молекулы глюкозы;
  - С) отсутствием остатка молекулы пентозы;
  - Д) наличием остатка молекулы  $\alpha$ - аминокислоты;
  - Е) наличием остатка молекулы глицерина.
35. Белки плазмы крови
- А) альбумины, фибриноген, интерферон;
  - В) казеин, эластин;
  - С) коллаген, кератин;
  - Д) тропомиозин, актин;
  - Е) желатин, миозин.
36. Соединения, защищающие организм от потери крови при повреждении сосудов
- А) фибриноген, тромбин
  - В) трипсин, энтерокиназа
  - С) амилаза, мальтаза;
  - Д) гемоглобин, ретинол;
  - Е) токоферол, казеин.
37. Сократительные белки скелетных мышц
- А) актин, миозин;
  - В) альбумин, глобулин
  - С) гистон, протамин;
  - Д) казеин, гемоглобин
  - Е) липаза, амилаза

38. Неполюценными являются:
- А) белки, не содержащие незаменимые аминокислоты;
  - В) белки, содержащие все аминокислоты
  - С) белки, содержащие все природные аминокислоты
  - Д) белки, содержащие природные и синтетические аминокислоты
  - Е) белки, содержащие заменимые аминокислоты
39. Полноценный пищевой белок содержит набор ...
- А) всех незаменимых аминокислот в количествах и соотношениях, приближающихся к таковым в организме
  - В) всех заменимых кислот
  - С) ароматических аминокислот
  - Д) моноаминодикарбоновых кислот;
  - Е) диаминомонокарбоновых кислот.
40. Какой процесс способствует снижению внутриклеточного уровня  $\alpha$  – аминокислот?
- А) дезаминирование
  - В) переаминирование
  - С) трансаминирование
  - Д) гидролиз пептида;
  - Е) восстановительное аминирование;
41. Какой процесс способствует повышению внутриклеточного уровня  $\alpha$  – аминокислот?
- А) восстановительное аминирование;
  - В) анаболизм белка
  - С) декарбоксилирование
  - Д) переаминирование
  - Е) синтез пептида.
42. Схема « $\alpha$ -кетокислота  $\rightarrow$  аминокислота  $\rightarrow$   $\alpha$ -аминокислота» отражает процесс
- А) восстановительного аминирования
  - В) дегидрирования
  - С) дезаминирования
  - Д) переаминирования
  - Е) гидратации
43. Аммиак образуется при распаде
- А) белков
  - В) стеридов
  - С) жиров
  - Д) углеводов
  - Е) липидов

44. В надпочечниках синтезируется гормон
- А) Тестостерон;
  - В) Тироксин;
  - С) Глюкагон;
  - Д) Адреналин;
  - Е) Эстрадиол.
45. Концентрацией, каких ионов определяется активная реакция раствора?
- А)  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$
  - В)  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$
  - С)  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$
  - Д)  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{K}^+$
  - Е)  $\text{I}^-$ ,  $\text{Na}^+$
46. Укажите химическую реакцию с участием молекул воды, имеющую основополагающее значение в энергетическом обмене
- А) гидролиз макроэргического соединения АТФ
  - В) дегидратация гидроксикарбоновых кислот
  - С) диссоциация карбоновых кислот
  - Д) образование гидратной оболочки ионов
  - Е) растворение органических соединений
47. Основной путь превращения биополимеров в мономеры, в котором вода является субстратом
- А) гидролиз
  - В) декарбоксилирование
  - С) дегидратация
  - Д) гидрирование
  - Е) дезаминирование
48. Соединение, проявляющее амфифильные свойства
- А) фосфолипид
  - В) хлорид натрия
  - С) карбонат кальция
  - Д) триацилглицерин
  - Е) пальмитоолеостеарин
49. Какие соединения называются амфифильными?
- А) содержащие как гидрофильные, так и гидрофобные группы атомов
  - В) растворимые в воде
  - С) нерастворимые в воде
  - Д) растворимые в спирте
  - Е) нерастворимые в эфирах

50. Вода, образующаяся в процессе обмена веществ называется...
- А) эндогенная
  - В) экзогенная
  - С) иммобильная
  - Д) гидратационная
  - Е) прочно связанная
51. Основным внеклеточным катионом является
- А)  $\text{Fe}^{2+}$ ; В)  $\text{K}^+$ ; С)  $\text{Mg}^{2+}$ ; Д)  $\text{Ca}^{2+}$ ; Е)  $\text{Na}^+$ .
52. Какое ядовитое соединение образуется при дезаминировании  $\alpha$  – аминокислот?
- А) аммиак
  - В) ацетоуксусная кислота;
  - С) карбонат аммония;
  - Д) амид аспарагиновой кислоты;
  - Е) мочевины
53. Метод разделения белковых молекул, основанный на различии величин заряда и молекулярных масс
- А) электрофорез
  - В) высаливание
  - С) денатурация
  - Д) гемолиз
  - Е) диализ
54. Метод очистки растворов белков от низкомолекулярных примесей
- А) диализ
  - В) плазмолиз
  - С) гемолиз
  - Д) хроматография, денатурация и ренатурация
  - Е) ренатурация
55. Третичная структура белка формируется связями:
- А) пептидными, водородными, ионными, сульфидными, гидрофобными.
  - В) сульфидными
  - С) гидрофобными
  - Д) водородными
  - Е) пептидными
56. В каком состоянии белки неустойчивы?
- А) изоэлектрическом
  - В) ионном
  - С) изотоническом
  - Д) коллоидном
  - Е) растворимом

57. В изоэлектрической точке пептиды имеют:
- А) нулевой заряд;
  - В) катионную форму
  - С) анионную форму
  - Д) отрицательный заряд.
  - Е) положительный заряд;
58. Какие функциональные группы необходимы для образования пептидной связи
- А) аминогруппа, карбоксильная;
  - В) карбонильные, гидроксильная;
  - С) альдегидная, кетогруппа
  - Д) гидроксильная, карбоксильная
  - Е) сульфгидрильная, аминогруппа.
59. К сложным белкам хромопротеидам относятся
- А) гемоглобин
  - В) альбумин
  - С) гистон
  - Д) глобулин
  - Е) протамин
60. Какой белок имеет простетическую группу?
- А) гликопротеин;
  - В) альбумин
  - С) глобулин
  - Д) глютелин
  - Е) гистон
61. Чем отличаются простые белки от сложных?
- А) отсутствием простетической группы
  - В) количеством аминокислотных остатков
  - С) содержанием ароматических аминокислот;
  - Д) изоэлектрической точкой;
  - Е) буферным действием.
62. В каком состоянии белки неустойчивы?
- А) В изоэлектрическом
  - В) В ионном
  - С) В изотоническом
  - Д) В коллоидном
  - Е) В растворимом
63. В изоэлектрической точке пептиды имеют:
- А) нулевой заряд;
  - В) катионную форму
  - С) анионную форму

- Д) отрицательный заряд.  
Е) положительный заряд;
64. Место синтеза кетоновых тел  
А) печень  
В) кожа  
С) почки  
Д) легкие  
Е) желудок и другие органы ЖКТ
65. Накопление кетоновых тел крови приводит к  
А) метаболическому ацидозу  
В) диабету  
С) цинге  
Д) метаболическому алкалозу и эндемическому зобу  
Е) эндемическому зобу
66. Кетоновые тела  
А) ацетоуксусная кислота,  $\beta$ -гидроксимасляная кислота  
В) лимонная кислота, фенол, фумаровая кислота, глицерин  
С) индол, рибофлавин  
Д) тиамин, лецитин  
Е) фумаровая кислота, глицерин
67. Кетозы возникают при нарушении обмена  
А) липидов  
В) белков  
С) углеводов, в частности, дисахаров и моносахаров  
Д) нуклеопротеидов  
Е) минерального обмена
68. Дыхательная цепь является составной частью  
А) аэробного превращения высших жирных кислот  
В) анаэробного распада глицерина  
С) анаболизма кетоновых тел и аэробного превращения высших жирных кислот  
Д) синтеза фосфолипидов  
Е) образования жиров.
69. Наиболее выгодный энергетический материал  
А) жиры  
В) белки  
С) полисахариды;  
Д) нуклеиновые кислоты, тирозин, интерферон;  
Е) ферменты
70. Первая стадия обмена липидов  
А) гидролиз липида под действием фермента липаза

- В) распад глицерина и ВЖК
  - С) образование глицеролфосфата
  - Д)  $\beta$ -окисление ВЖК
  - Е) синтез фосфодиоксиацетона.
71. Основные липиды крови животных
- А) фосфолипиды, холестерид, триацилглицерин;
  - В) гистидин, галактоза, валин
  - С) глутамин, воск, глутатион;
  - Д) гепарин, альбумин, апоферритин
  - Е) ангиотензин, глобулин, либерин, тирозин, интерферон.
72. К фосфолипидам относятся
- А) лецитин, кефалин
  - В) холестерин, воск
  - С) стерины и стериды
  - Д) пальмитодиолеин, аланин, тирозин, интерферон;
  - Е) тирозин, интерферон.
73. Какие соединения являются незаменимыми
- А) непредельные высшие жирные кислоты
  - В) глюкоза
  - С) жиры
  - Д) предельные высшие жирные кислоты
  - Е) гликоген, предельные высшие жирные кислоты, эфиры, витамины
74. Йодное число характеризует
- А) степень непредельности жира
  - В) степень предельности жира
  - С) степень окисления жира, его восстановительные способности
  - Д) степень омыления жира
  - Е) показатель температуры плавления
75. По химической природе жиры являются
- А) сложными эфирами
  - В) простыми эфирами
  - С) альдегидспиртами, кетоспиртами, сложными и простыми эфирами
  - Д) гликозидами
  - Е) пептидами
76. Какое заболевание связано с нарушением углеводного обмена?
- А) сахарный диабет
  - В) ацетонурия
  - С) остеомалация
  - Д) ксерофтальмия, базедова болезнь, гипертония, гипотония
  - Е) базедова болезнь

77. Гипергликемия – это
- А) повышение содержания глюкозы в крови
  - В) нарушение метаболизма кетоновых тел;
  - С) изогидрия
  - Д) уменьшение количества тромбоцитов в крови
  - Е) понижение концентрации сахара в крови
78. Гипогликемия – это
- А) понижение содержания глюкозы в крови
  - В) повышение концентрации сахара в крови
  - С) изоосмия
  - Д) уменьшение концентрации гемоглобина в крови;
  - Е) жировая дегенерация печени.
79. Является сократительным белком...
- А) Миозин.
  - В) Инсулин, оксигемоглобин и кератин
  - С) Коллаген и гемоглобин
  - Д) Кератин.
  - Е) Гемоглобин и кератин
80. Белки гемоглобин и миоглобин выполняют в организме ... функцию
- А) Транспортную функцию.
  - В) Гормональную функцию.
  - С) Защитную функцию.
  - Д) Каталитическую функцию.
  - Е) Сократительную функцию.
81. Для проведения биуретовой реакции с белком требуются реактивы
- А) Растворы NaOH и  $\text{CuSO}_4$
  - В) Раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - С) Растворы HCl и NaCl.
  - Д) Раствор  $\text{HNO}_3$
  - Е) Раствор  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
82. Ферменты делят на классы
- А) По типу ускоряемой реакции.
  - В) По аминокислотному составу.
  - С) По структуре молекулы.
  - Д) По природе кофермента.
  - Е) По структуре активного центра.
83. К жирорастворимым относится витамин:
- А) витамин D.
  - В) витамин С.
  - С) витамин  $\text{B}_1$ .
  - Д) витамин  $\text{B}_c$ .

- Е) витамин В<sub>6</sub>.
84. Антирахитическим является витамин:
- А) витамин D.
  - В) витамин С.
  - С) витамин В<sub>1</sub>.
  - Д) витамин В<sub>с</sub>.
  - Е) витамин В<sub>6</sub>.
85. Оптимальное значение рН для действия пепсина находится в интервале:
- А) рН = 3;
  - В) рН = 3 - 4;
  - С) рН = 4 - 5;
  - Д) рН = 5 - 6;
  - Е) рН = 6 - 7.
86. Основным запасным углеводом в организме человека является:
- А) Гликоген;
  - В) Глюкагон и клетчатка;
  - С) Глюкоза, крахмал и клетчатка;
  - Д) Крахмал;
  - Е) Клетчатка.
87. Цикл Кребса это -
- А) Окисление остатка уксусной кислоты до углекислого газа;
  - В) Превращение глюкозы в лактат в анаэробных условиях;
  - С) Преобразования ацетил КоА в молочную кислоту;
  - Д) Преобразование глюкозы в этиловый спирт;
  - Е) Нет правильного ответа.
88. Макроэргическим соединением является
- А) АТФ;
  - В) АДФ;
  - С) АМФ и клетчатка;
  - Д) Глюкоза, АМФ, ДНК и РНК;
  - Е) Креатин.
89. Каков энергетический эффект полного распада глицерина в аэробных условиях?
- А) 22 моль АТФ;
  - В) 24 моль АТФ;
  - С) 28 моль АТФ;
  - Д) 34 моль АТФ;
  - Е) 38 моль АТФ.
90. В половых железах синтезируется гормон
- А) Тестостерон;

- В) Тироксин;
- С) Глюкагон, тиреотропин, каталаза, амилаза и низкомолекулярные вещества;
- Д) Тиреотропин;
- Е) Тиреолиберин.

91. Среди продуктов переваривания простых липидов в ЖКТ обнаруживаются:

- А) Жирные кислоты;
- В) Моносахариды;
- С) Аминокислоты, кетокислоты, глицерин, углекислый газ;
- Ф) Кетокислоты и низкомолекулярные вещества;
- Д) Оксикислоты.

92. Как называется цикл реакций, в результате которых в печени аммиак превращается в мочевины:

- А) Цикл Кребса;
- В) Глиоксилатный цикл;
- С) Орнитиновый цикл;
- Д) Пентозофосфатный цикл;
- Е) Цикл Кори.

93. Схема «ВЖК → ацетил КоА → кетокислоты → аминокислоты» отражает

- А) Переход от обмена липидов к обмену белков;
- В) Переход от обмена углеводов к обмену белков;
- С) Переход от обмена углеводов к обмену липидов;
- Д) Переход от обмена липидов к обмену углеводов;
- Е) Переход от обмена белков

94. Какой буфер содержится в крови животных?

- А) белковый
- В) липидный
- С) углеводный
- Д) ацетатный
- Е) аммонийный

95. Что произойдет с эритроцитами крови в гипотоническом растворе?

- А) гемолиз
- В) плазмолиз
- С) изотония
- Д) уменьшение, изотония, последовательные изменения
- Е) изоосмия

96. Осмос – это:

- А) односторонний переход молекул растворителя через полупроницаемую мембрану из разбавленного раствора в более концентрированный
- В) проникновение низкомолекулярных частиц через полупроницаемую мембрану;
- С) укрупнение частиц с образованием грубо дисперсных систем
- Д) самопроизвольное проникновение одного вещества в другое с выравниванием концентрации
- Е) односторонний переход частиц через полупроницаемую мембрану в менее концентрированный раствор

97. Что произойдет с эритроцитами крови в гипертоническом растворе?

- А) плазмолиз
- В) изоосмия
- С) увеличение
- Д) изотония
- Е) гемолиз

98. Какой раствор хлорида натрия считается изотоническим по отношению к крови?

- А) С массовой долей вещества 0,90 %
- В) С массовой долей вещества 10,00 %
- С) С массовой долей вещества 0,10 %
- Д) С массовой долей вещества 0,50 %
- Е) С массовой долей вещества 0,30 %

99. Какой раствор хлорида натрия считается гипертоническим по отношению к крови?

- А) С массовой долей вещества 11,00 %
- В) С массовой долей вещества 0,10 %
- С) С массовой долей вещества 0,60 %
- Д) С массовой долей вещества 0,90 %
- Е) С массовой долей вещества 0,50 %

100. Какой раствор хлорида натрия считается гипотоническим по отношению к крови?

- А) С массовой долей вещества 0,10 %
- В) С массовой долей вещества 0,90 %
- С) С массовой долей вещества 10,00 %
- Д) С массовой долей вещества 12,40 %
- Ф) С массовой долей вещества, равной 12,30 %
- Е) С массовой долей вещества 1,50 %

## ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ПО РАЗДЕЛУ «БИОХИМИЯ СПОРТА»

1. Мышечная ткань содержит клетки, сократительными элементами которых являются...
  - A) Миофибриллы;
  - B) Саркоплазматический ретикулум;
  - C) Митохондрии;
  - D) Рибосомы;
  - E) Ядра.
2. Ведущую роль в мышечном сокращении играют катионы...
  - A) Магния;
  - B) Натрия;
  - C) Калия;
  - D) Железа;
  - E) Кальция.
3. Запасным источником энергии в мышце является
  - A) Гликоген;
  - B) Глюкоза;
  - C) Креатин;
  - D) Холестерин;
  - E) Молочная кислота
4. Основную роль в энергообеспечении бега на средние дистанции играет
  - A) Миокиназная реакция;
  - B) Аэробное окисление глюкозы;
  - C) Аэробное окисление глицерина;
  - D) Анаэробный распад гликогена;
  - E) Креатинкиназная реакция.
5. Гликолиз играет основную роль в энергообеспечении упражнений, продолжительность которых составляет ...
  - A) 20 - 30 минут;
  - B) 15 - 20 минут;
  - C) 10 - 15 минут;
  - D) 5 - 10 минут;
  - E) 1 - 3 минуты.
6. Количество кислорода, необходимое для обеспечения энергетических потребностей только за счет аэробных процессов, называется ...
  - A) Кислородным приходом;
  - B) Кислородным дефицитом;
  - C) Кислородным долгом;
  - D) Кислородным запросом;
  - E) Кислородным потреблением.

7. О степени распада белков в период мышечной работы можно судить по
- А) Содержанию в крови креатина;
  - В) Содержанию в крови глюкозы;
  - С) Содержанию в крови жирных кислот;
  - Д) Содержанию в крови мочевины;
  - Е) Содержанию в крови молочной кислоты.
8. Какое утверждение **не** соответствует характеристике работы в зоне максимальной мощности
- А) Энергетическое обеспечение идет в основном за счет гликолиза;
  - В) Энергетическое обеспечение идет в основном за счет АТФ и КрФ;
  - С) Содержание в крови глюкозы почти не изменяется по сравнению с уровнем покоя;
  - Д) Содержание в крови молочной кислоты не превышает 1 –1,5 г/л;
  - Е) Мобилизация гликогена печени почти не происходит.
9. Наибольшая мощность алактатного анаэробного процесса достигается в упражнениях максимальной интенсивности, длящихся...
- А) 5 – 10 секунд;
  - В) 20 – 40 секунд;
  - С) 3 – 5 минут;
  - Д) 6 –7 минут;
  - Е) 8 – 10 минут.
10. Какой процесс относится к фазе срочного восстановления?
- А) Восстановление запасов гликогена в мышцах;
  - В) Восстановление запасов гликогена в печени;
  - С) Устранение молочной кислоты в мышцах;
  - Д) Усиление синтеза структурных белков;
  - Е) Усиление синтеза белков-ферментов.
11. В период отдыха после работы идут биохимические процессы:
- А) Интенсивного распада углеводов;
  - В) Интенсивного распада белков;
  - С) Интенсивного распада липидов;
  - Д) Катаболические процессы;
  - Е) Анаболические процессы.
12. Какой процесс относится к фазе срочного восстановления?
- А) Восстановление запасов гликогена в мышцах;
  - В) Восстановление запасов гликогена в печени;
  - С) Устранение молочной кислоты;
  - Д) Усиление синтеза структурных белков;
  - Е) Усиление синтеза белков-ферментов.
13. Анаэробные пути ресинтеза АТФ характеризуются следующими схемами реакций, **кроме...**

- А) Креатинфосфат + АДФ → креатин + АТФ;  
 В) Глюкоза +  $\text{H}_3\text{PO}_4$  +  $\text{O}_2$  →  $\text{CO}_2$  +  $\text{H}_2\text{O}$  + АТФ;  
 С) 2 АДФ → АТФ + АМФ;  
 Д) Гликоген +  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + АДФ → лактат + АТФ;  
 Е) Глюкоза +  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + АДФ → лактат + АТФ.
14. Биохимический критерий емкости энергетических процессов отражает
- А) Скорость освобождения энергии в метаболических процессах;  
 В) Общий объем энергетических ресурсов для упражнения;  
 С) Степень использования высвобождаемой энергии для выполнения специфической мышечной работы;  
 Д) Величину усилия, развиваемого в сокращающейся мышце ;  
 Е) Среди ответов нет правильного.
15. Энергетический коэффициент окисления углеводов равен
- А) 3,7 ккал;  
 В) 4,1 ккал;  
 С) 6,3 ккал;  
 Д) 7,1 ккал;  
 Е) 9,3 ккал.
16. В каком хронологическом порядке используются организмом пути ресинтеза АТФ при мышечной работе: 1 – аэробный ресинтез АТФ; 2 – ресинтез АТФ за счет гликолиза; 3 – креатинкиназная реакция.
- А) 1 2 3; В) 1 3 2; С) 2 1 3; Д) 3 2 1; Е) 2 3 1.
17. Для периода отдыха после работы характерен следующий биохимический процесс:
- А) Сверхвосстановление энергетических ресурсов;  
 В) Повышение концентрации мочевины;  
 С) Снижение активности ферментов;  
 Д) Снижение энергетических запасов;  
 Е) Повышение концентрации молочной кислоты.
18. В период отдыха после работы идут биохимические процессы:
- А) Анаболические процессы.  
 В) Интенсивного распада углеводов;  
 С) Интенсивного распада белков;  
 Д) Интенсивного распада липидов;  
 Катаболические процессы.
19. Как называются болезни, вызванные смещением рН крови от нормы в кислую сторону?
- А) ацидоз  
 В) алкалоз  
 С) гемолиз  
 Д) плазмолиз

Е) глюкозурия

20. Толстые филаменты миофибрилл состоят из...

- А) Миозина;
- В) Актина;
- С) Тропонина;
- Д) Тропомиозина;
- Е) Миоглобина.

21. Запасным источником энергии в мышце является

- А) Гликоген;
- В) Глюкоза;
- С) Креатин;
- Д) Холестерин;
- Е) Молочная кислота.

22. Каково примерное процентное содержание АТФ в мышце?

- А) содержание АТФ в мышце 0,25 %;
- В) содержание АТФ в мышце 0,35 %;
- С) содержание АТФ в мышце 0,45 %;
- Д) содержание АТФ в мышце 0,55 %;
- Е) содержание АТФ в мышце 0,65 %.

23. Упражнения, относящиеся к зоне максимальной мощности

- А) Прыжки с разбега;
- В) Бег на коньках на 500 м;
- С) Бег на коньках на 1000 м;
- Д) Плавание на 400 м;
- Е) Легкоатлетический кросс.

24. При мышечной работе в какой зоне мощности относительная величина кислородного долга наибольшая?

- А) Максимальной мощности;
- В) Субмаксимальной мощности;
- С) Большой мощности;
- Д) Умеренной мощности;
- Е) Среди ответов правильного нет.

25. Какое утверждение соответствует характеристике работы в зоне субмаксимальной мощности:

- А) Энергетическое обеспечение идет в основном за счет гликолиза;
- В) Энергетическое обеспечение идет в основном за счет АТФ и КрФ;
- С) Содержание в крови глюкозы почти не изменяется по сравнению с уровнем покоя;
- Д) Содержание в крови молочной кислоты не превышает 1 –1,5 г/л;
- Е) Мобилизация гликогена печени почти не происходит.

26. Алактатный анаэробный ресинтез АТФ служит для энергообеспечения бега на дистанцию...
- А) на дистанцию 100 м;
  - В) на дистанцию 400 м;
  - С) на дистанцию 800 м;
  - Д) на дистанцию 1000 м;
  - Е) на дистанцию 1500 м.
27. Для состояния утомления **не характерно** ...
- А) Увеличение концентрации АТФ в нервных окончаниях;
  - В) Снижение скорости расщепления АТФ в миофибриллах;
  - С) Снижение уровня энергетических ресурсов организма;
  - Д) Накопление молочной кислоты;
  - Е) Нарушение синтеза ацетилхолина в нервных окончаниях.
28. Какой процесс не относится к фазе срочного восстановления?
- А) Восстановление запасов гликогена в мышцах;
  - В) Восстановление запасов кислорода;
  - С) Устранение молочной кислоты;
  - Д) Восстановление уровня КрФ;
  - Е) Оплата алактатного долга.
29. Характеристике миофибрилл не соответствует утверждение...
- А) Тонкие филаменты миофибрилл содержат белок миозин;
  - В) Миофибриллы - сократительные элементы мышц;
  - С) Тонкие филаменты миофибрилл содержат белок актин;
  - Д) Тонкие филаменты миофибрилл содержат белок тропомиозин;
  - Е) Миофибриллы состоят из повторяющихся участков – саркомеров.
30. Характеристике мышечного волокна не соответствует утверждение...
- А) Тонкие филаменты миофибрилл содержат белок миозин;
  - В) Миофибриллы - сократительные элементы мышц;
  - С) Тонкие филаменты миофибрилл содержат белок актин;
  - Д) Тонкие филаменты миофибрилл содержат белок тропомиозин;
  - Е) Миофибриллы состоят из повторяющихся участков – саркомеров.
31. Биохимическая роль гемоглобина заключается в следующем:
- А) Транспортирует кислород;
  - В) Регулирует обмен веществ;
  - С) Транспортирует железо;
  - Д) Транспортирует жирные кислоты;
  - Е) Является составной частью мембраны клетки.
32. Энергетическими станциями мышечной клетки являются
- А) Митохондрии.
  - В) Миофибриллы.
  - С) Ядра.

- D) Рибосомы.
  - E) Лизосомы.
33. Расщепление гликогена печени стимулируется гормонами:
- A) Адреналином и глюкагоном;
  - B) Инсулином;
  - C) Тестостероном и тироксином;
  - D) Соматотропином;
  - E) Кортизолом.
34. Кислородный дефицит – это
- A) Разность между кислородным запросом и приходом;
  - B) Кислородный долг;
  - C) Повышенная потребность в кислороде в начале работы;
  - D) Повышенная потребность в кислороде в конце работы;
  - E) Дополнительное количество кислорода в период отдыха
35. Кислородный запрос упражнения - это
- A) Количество кислорода, необходимое для обеспечения энергетических потребностей только за счет аэробных процессов;
  - B) Количество кислорода, необходимое для окисления молочной кислоты;
  - C) Повышенная потребность в кислороде в начале работы;
  - D) Повышенная потребность в кислороде в конце работы;
  - E) Дополнительное количество кислорода в период отдыха.
36. Разность между кислородным запросом и приходом называется
- A) Кислородным дефицитом;
  - B) Кислородным приходом;
  - C) Кислородным долгом;
  - D) Кислородным запросом;
  - E) Кислородным потреблением.
37. К упражнениям, относящимся к зоне максимальной мощности, относятся
- A) Легкоатлетический бег на 100 м;
  - B) Легкоатлетический кросс;
  - C) Легкоатлетический бег на 3000 м;
  - D) Легкоатлетический бег на 10000 м;
  - E) Марафон.
38. Упражнения, относящиеся к зоне субмаксимальной мощности:
- A) Легкоатлетический бег на 800 м;
  - B) Легкоатлетический бег на 100 м;
  - C) Легкоатлетический бег на 3000 м;
  - D) Легкоатлетический бег на 10000 м;
  - E) Марафон.

39. При мышечной работе в какой зоне мощности наблюдается наибольший уровень молочной кислоты в крови?
- А) Субмаксимальной мощности;
  - В) Максимальной мощности;
  - С) Большой мощности;
  - Д) Умеренной мощности;
  - Е) Среди ответов правильного нет
40. Наибольшим повышением уровня молочной кислоты в крови характеризуется...
- А) Легкоатлетический бег на 400 м;
  - В) Легкоатлетический бег на 100 м;
  - С) Легкоатлетический бег на 3000 м;
  - Д) Легкоатлетический бег на 10000 м;
  - Е) Бег на сверхдлинные дистанции
41. О скорости мобилизации углеводных запасов печени в период мышечной работы можно судить по ...
- А) Содержанию в крови глюкозы;
  - В) Содержанию в крови креатина;
  - С) Содержанию в крови жирных кислот;
  - Д) Содержанию в крови мочевины;
  - Е) Содержанию в крови молочной кислоты.
42. Наибольшая мощность энергообразования в процессе анаэробного гликолиза достигается в упражнениях с предельной продолжительностью...
- А) от 20 до 30 секунд;
  - В) от 5 до 10 секунд;
  - С) от 3 до 5 минут;
  - Д) от 6 до 7 минут;
  - Е) от 8 до 10 минут.
43. Характеристике состояния утомления не соответствует утверждение:
- А) Утомление является патологической реакцией организма;
  - В) Утомление является защитной реакцией организма;
  - С) При утомлении увеличивается выработка ГАМК в ЦНС;
  - Д) При утомлении снижается концентрация АТФ в нервных окончаниях;
  - Е) При утомлении нарушается синтез ацетилхолина в нервных окончаниях.
44. Формулировка правила о зависимости интенсивности восстановления энергетических запасов от интенсивности их расходования во время работы принадлежит...
- А) В.А. Энгельгардту;
  - В) Н.Н. Яковлеву;

- С) П.Ф.Лесгафту;
- Д) Ю.В.Фольборту;
- Е) Н.Р. Чаговцу.

45. Через 10 – 15 секунд после окончания мышечной работы происходит процесс:

- А) Восстановление запасов кислорода;
- В) Восстановление запасов гликогена в мышцах;
- С) Устранение молочной кислоты;
- Д) Восстановление уровня железа;
- Е) Оплата алактатного долга

46. Оболочка мышечной клетки называется...

- А) Сарколеммой;
- В) Миофибриллой;
- С) Саркоплазматическим ретикулумом;
- Д) Саркоплазмой;
- Е) Саркомером.

47. Вещество, образующееся в нервных окончаниях и участвующее в проведении нервного импульса к мышце

- А) Ацетилхолин;
- В) Молочная кислота;
- С) ПВК;
- Д) Ацетил КоА;
- Е) Орнитин.

48. Кислородный приход – это

- А) Количество кислорода, реально потребляемое во время работы
- В) Количество кислорода, необходимое для окисления молочной кислоты;
- С) Количество кислорода, необходимое для обеспечения энергетических потребностей только за счет аэробных процессов;
- Д) Дополнительное количество кислорода в конце работы;
- Е) Дополнительное количество кислорода в период отдыха.

49. Дополнительное количество кислорода в период отдыха, необходимое для окисления продуктов анаэробного распада, называется

- А) Кислородным долгом;
- В) Кислородным приходом;
- С) Кислородным дефицитом;
- Д) Кислородным запросом;
- Е) Кислородным потреблением.

50. Упражнения, относящиеся к зоне большой мощности

- А) Легкоатлетический бег на 3000 м;
- В) Легкоатлетический бег на 100 м;

- С) Легкоатлетический бег на 800 м;
  - Д) Легкоатлетический бег на 400 м;
  - Е) Бег на сверхдлинные дистанции.
51. О включении жиров в энергетические реакции в период мышечной работы можно судить по следующему показателю:
- А) Содержанию в крови жирных кислот;
  - В) Содержанию в крови креатина;
  - С) Содержанию в крови глюкозы;
  - Д) Содержанию в крови мочевины;
  - Е) Содержанию в крови молочной кислоты.
52. Какое утверждение соответствует характеристике работы в зоне большой мощности
- А) Энергетическое обеспечение идет в основном за счет аэробно-анаэробных процессов;
  - В) Энергетическое обеспечение идет в основном за счет гликолиза;
  - С) Энергетическое обеспечение идет в основном за счет АТФ и КрФ;
  - Д) Содержание в крови молочной кислоты не превышает 1 –1,5 г/л;
  - Е) Содержание в крови глюкозы почти не изменяется по сравнению с уровнем покоя.
53. Какой процесс относится к фазе срочного восстановления?
- А) Устранение молочной кислоты;
  - В) Восстановление запасов гликогена в мышцах;
  - С) Восстановление запасов гликогена в печени;
  - Д) Усиление синтеза структурных белков;
  - Е) Усиление синтеза белков-ферментов.
54. Содержание воды в мышцах
- А) Составляет 70 - 80 %;
  - В) Составляет 40 - 50 %;
  - С) Составляет 50 - 60 %;
  - Д) Составляет 60 - 70 %;
  - Е) Составляет 90 %.
55. Необходимое условие сократительной деятельности мышц
- А) Постоянство концентрации АТФ;
  - В) Постоянство рН крови;
  - С) Постоянство рН мочи;
  - Д) Постоянный уровень молочной кислоты;
  - Е) Постоянный уровень сахара в крови.
56. Основную роль в энергообеспечении бега на средние дистанции играет
- А) Анаэробный распад гликогена;
  - В) Миокиназная реакция;
  - С) Аэробное окисление глюкозы;

- D) Аэробное окисление глицерина;
- E) Креатинкиназная реакция.

57. В каком хронологическом порядке используются организмом энергетические ресурсы при мышечной работе: 1- гликоген печени; 2 – гликоген мышц; 3 – креатинфосфат.

- A) хронологический порядок - 3 2 1;
- B) хронологический порядок - 1 2 3;
- C) хронологический порядок - 1 3 2;
- D) хронологический порядок - 2 1 3;
- E) хронологический порядок - 2 3 1.

58. Количество кислорода, необходимое для обеспечения энергетических потребностей только за счет аэробных процессов, называется

- A) Кислородным запросом;
- B) Кислородным приходом;
- C) Кислородным дефицитом;
- D) Кислородным долгом;
- E) Кислородным потреблением.

59. Упражнения, относящиеся к зоне субмаксимальной мощности:

- A) Легкоатлетический бег на 400 м;
- B) Прыжки с разбега;
- C) Лыжные гонки на 50 км;
- D) Легкоатлетический бег на 3000 м;
- E) Легкоатлетический кросс.

60. Упражнения, относящиеся к зоне большой мощности

- A) Бег на лыжах на 10 км;
- B) Легкоатлетический бег на 100 м;
- C) Легкоатлетический бег на 800 м;
- D) Легкоатлетический бег на 400 м;
- E) Бег на сверхдлинные дистанции

61. Основным источником энергии при упражнениях субмаксимальной мощности являются

- A) Углеводы;
- B) Креатинфосфат;
- C) Жиры;
- D) Жирные кислоты;
- E) Кетоновые тела.

62. При мышечной работе в какой зоне мощности наблюдается наименьший уровень молочной кислоты в крови?

- A) Умеренной мощности;
- B) Максимальной мощности;
- C) Субмаксимальной мощности;

- D) Большой мощности;  
E) Среди ответов правильного нет
63. При мышечной работе в какой зоне мощности наблюдается большая потеря организмом воды и минеральных солей?  
A) Умеренной мощности;  
B) Максимальной мощности;  
C) Субмаксимальной мощности;  
D) Большой мощности;  
E) Среди ответов правильного нет.
64. При мышечной работе в какой зоне мощности наблюдается наименьшее значение кислородного долга?  
A) Умеренной мощности;  
B) Максимальной мощности;  
C) Субмаксимальной мощности;  
D) Большой мощности;  
E) Среди ответов правильного нет.
65. О степени распада белков в период мышечной работы можно судить по следующему показателю:  
A) Содержанию в крови мочевины;  
B) Содержанию в крови креатина;  
C) Содержанию в крови глюкозы;  
D) Содержанию в крови жирных кислот;  
E) Содержанию в крови молочной кислоты.
66. При мышечной работе в какой зоне мощности наблюдается наименьший уровень молочной кислоты в крови?  
A) Умеренной мощности;  
B) Максимальной мощности;  
C) Субмаксимальной мощности;  
D) Большой мощности;  
E) Среди ответов правильного нет
67. При мышечной работе в какой зоне мощности наблюдается большая потеря организмом воды и минеральных солей?  
A) Умеренной мощности;  
B) Максимальной мощности;  
C) Субмаксимальной мощности;  
D) Большой мощности;  
E) Среди ответов правильного нет.
68. В какой зоне мощности наблюдается наименьшее значение кислородного долга при мышечной работе?  
A) Умеренной мощности;  
B) Максимальной мощности;

- С) Субмаксимальной мощности;
  - Д) Большой мощности;
  - Е) Среди ответов правильного нет.
69. О степени распада белков в период мышечной работы можно судить по следующему показателю:
- А) Содержанию в крови мочевины;
  - В) Содержанию в крови креатина;
  - С) Содержанию в крови глюкозы;
  - Д) Содержанию в крови жирных кислот;
  - Е) Содержанию в крови молочной кислоты.
70. Массовая доля белков локализованных в мышцах
- А) Содержание составляет 17 - 21 %.
  - В) Содержание составляет 5 - 10 % ;
  - С) Содержание составляет 10 - 12 %;
  - Д) Содержание составляет 12 - 14 %;
  - Е) Содержание составляет 14 - 15 %;
71. В состав миофибрилл не входит белок...
- А) Миоглобин.
  - В) Миозин;
  - С) Актин;
  - Д) Тропонин;
  - Е) Тропомиозин;
72. В процессе мышечного сокращения участвуют определенные химические элементы. Ведущую роль в мышечном сокращении играют катионы:
- А) Кальция.
  - В) Магния;
  - С) Натрия;
  - Д) Калия;
  - Е) Железа;
73. Основную роль в энергообеспечении бега на 100 метров играет
- А) Креатинкиназная реакция.
  - В) Миокиназная реакция;
  - С) Аэробное окисление глюкозы;
  - Д) Аэробное окисление глицерина;
  - Е) Анаэробный распад гликогена;
74. Для периода отдыха после работы характерен следующий биохимический процесс:
- А) Сверхвосстановление энергетических ресурсов.
  - В) Повышение концентрации молочной кислоты;
  - С) Повышение концентрации мочевины;
  - Д) Снижение активности ферментов;

Е) Снижение энергетических запасов;

75. В период отдыха после работы идут биохимические процессы:

А) Анаболические процессы.

В) Интенсивного распада углеводов;

С) Интенсивного распада белков;

Д) Интенсивного распада липидов;

Е) Катаболические процессы;

## ГЛОССАРИЙ

(использован материал Глоссарий по биохимии / <https://klavogonki.ru/vocs/90578/> дата обращения 23.01.2020 г.)

**Абсорбтивный период** — поступление в организм, переваривание и усвоение белков, жиров и углеводов.

**Аденозинмонофосфат (АМФ)** – мононуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и остатка фосфорной кислоты.

**Аденозинтрифосфат (АТФ)** – макроэргическое вещество, являющееся главным переносчиком химической энергии в живой клетке.

**Адиipoциты** – клетки жировой ткани.

**Адреналин** – гормон мозгового вещества надпочечников.

**Азотистый баланс** – соотношение количества азота, поступившего с пищей и выведенного из организма; у детей и беременных – положительный, у взрослых – нулевой, у престарелых – отрицательный.

**Активный транспорт** – перенос веществ через мембраны с затратой энергии.

**Алкалоз** – сдвиг рН крови в щелочную сторону.

**Алкаптонурия** – наследственное нарушение обмена тирозина (чёрная моча) вследствие дефекта гена диоксигеназы гомогентизиновой кислоты.

**Альбинизм** – частичное или полное нарушение пигментации кожи, волос и глаз, светобоязнь, солнечные ожоги и снижение остроты зрения вследствие дефекта гена тирозиназы в меланоцитах (редко – других ферментов).

**Альбумин** – простой, глобулярный, кислый белок.

**Амилаза** (Р–панкреатическая, S–слюнных желёз) – фермент класса гидролаз, расщепляет α-1,4–гликозидные связи амилозы и амилопектина.

**Анаболизм** – энергозависимый процесс синтеза более сложных веществ из относительно простых.

**Апопротеины** – белковая часть сложных белков.

**Апоптоз** – запрограммированная смерть клеток.

**Арахидоновая кислота** – эйкозатетраеновая жирная кислота, входит в состав фосфолипидов, является источником эйкозаноидов (простагландины и др.).

**Ацетилкоэнзим А (Ацетил–КоА)** – активная форма ацетата, образуется при окислительном декарбоксилировании пирувата и в-окислении жирных кислот, используется в цикле Кребса, синтезе холестерина, жирных кислот и кетонных тел.

**Ацидоз** – сдвиг кислотно–основного равновесия к кислую сторону, встречается при некомпенсированном сахарном диабете.

**Аэробное окисление глюкозы** – полное окисление глюкозы до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , включает подготовительный этап – образование двух триоз, гликолитическую оксидоредукцию, окислительное декарбоксилирование пирувата и цикл трикарбоновых кислот.

**Биосинтез белка** – процесс, включающий транскрипцию, активацию аминокислот, трансляцию и посттрансляционную модификацию белковых молекул.

**Витамины** – низкомолекулярные вещества, которые необходимы в чрезвычайно малых количествах для нормального развития и функционирования организма.

**Водородная связь** – форма ассоциации между электроотрицательным атомом и атомом водорода Н, связанным ковалентно с другим электроотрицательным атомом. В качестве электроотрицательных атомов могут выступать N, O или S.

**Вторичная структура белка** – характеризует форму полипептидной цепи, которая может быть спиралевидной (α-структура), складчатой (β-структура) или неупорядоченной.

**Высокоэнергетические соединения** – природные вещества, содержащие богатые энергией (макроэргические) связи, при гидролизе которых выделяется более 15 кДж.моль энергии.

**Гем** – небелковая часть (простетическая группа) гемоглобина, миоглобина, каталазы, пероксидазы и цитохромов.

**Гемоглобин** – гемсодержащий хромопротеин животных, способный обратимо связываться с кислородом, обеспечивая его перенос в ткани.

**Генетический код** – способ записи наследственной информации в молекулах иРНК в виде кодонов – триплетов мононуклеотидов.

**Гепарин** – кислый серосодержащий гетерополисахарид (гликозаминогликан), обладающий противосвёртывающей активностью.

**Гиалуроновая кислота** – гликозаминогликан, состоящий из остатков  $\beta$ -D-глюкуроновой кислоты и N-ацетилглюкозамина, соединённых  $\beta$ -1–3 гликозидной связью.

**Гидроксиапатит**  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  – основной минеральный компонент костной ткани, а также, эмали, дентина и цемента зуба.

**Гидрофобное взаимодействие** – притяжение между неполярными частицами в водной среде.

**Глюкозурия** – наличие глюкозы в моче.

**Гормоны** – сигнальные молекулы, которые вырабатываются в железах или специализированных клетках внутренней секреции, выделяются в кровь, достигают клеток-мишеней и связываются с мембранными, цитоплазматическими или ядерными рецепторами.

**ДНК-мутации** – нерепарированные наследуемые изменения в первичной структуре ДНК.

**ДНК-полимераза** – фермент, участвующий в репликации ДНК.

**ДНК репарация** – исправление химических повреждений и разрывов в молекулах повреждённой ДНК.

**ДНК синтез** – образование новых молекул ДНК на матрице ДНК родительской клетки.

**Дыхательная цепь** – система переноса электронов с субстратов на кислород во внутренних мембранах митохондрий.

**Единицы активности фермента** – 1)  $E = 1$  мкмоль.мин; 2) катал = 1 моль.сек.

**Железодефицитная анемия** – нарушение синтеза гемоглобина вследствие дефицита железа.

**Желчные кислоты** – производные холановой кислоты, выполняющие роль эмульгаторов. Они также активируют панкреатическую липазу и выполняют роль мицеллообразующего фактора.

**Жирные кислоты** – алифатические одноосновные карбоновые кислоты, входящие в состав жиров; содержат, как правило, неразветвленную

цепь из четного числа атомов углерода ( $C_{4-24}$ ), и могут быть как насыщенными, так и ненасыщенными.

**Жиры (триглицериды)** – сложные эфиры глицерина и жирных кислот, входят в класс липидов. В живых организмах выполняют, энергетическую, защитную, резервную функции.

**Изоэлектрическая точка** –  $pI$ , значение  $pH$ , при котором молекула не несёт электрического заряда.

**Иммуноглобулины** –  $Ig$ , глобулярные белки, продуцируются В-лимфоцитами и обладают свойствами антител, т.е. способностью соединяться с антигенами, стимулирующими их образование.

**Ингибиторы** – вещества, тормозящие химические реакции путём снижения активности ферментов.

**Инсулин** – гормон пептидной природы, образуется в  $\alpha$ -клетках островков Лангерганса поджелудочной железы. Регулирует обмен веществ. Основное действие инсулина заключается в утилизации глюкозы.

**Кальциевые каналы** – ионные каналы, избирательно проницаемые для ионов  $Ca^{2+}$ .

**Кальциевый насос ( $Ca^{2+}$  – АТФ-аза)** – обеспечивает поддержание низкой концентрации  $Ca^{2+}$  в цитозоле клетки и создание внутриклеточного депо  $Ca^{2+}$  в митохондриях и эндоплазматическом ретикулуме.

**Карнитин** – переносчик жирных кислот через мембрану в матрикс митохондрий, где протекает  $\beta$ -окисление.

**Катаболизм** – процесс расщепления какого-либо вещества на более простые, обычно протекает с высвобождением энергии (тепло, АТФ).

**Коллаген** – фибриллярный белок, составляющий основу соединительной ткани организма (сухожилие, кость, хрящ, дерма и т. п.) и обеспечивающий ее прочность и эластичность. Это основной компонент соединительной ткани и самый распространенный белок млекопитающих, составляющий от 25 % до 35 % от суммы всех белков.

**Коллагеназа** – ферментный препарат, получаемый из поджелудочной железы скота; обладает протеолитической активностью преимущественно на коллагеновые волокна; способствует расплавлению рубцов и некротических тканей.

**Кортизол (гидрокортизон)** – глюкокортикоидный гормон стероидной природы; секретируется корой надпочечников под воздействием адренкортикотропного гормона (АКТГ); стимулирует глюконеогенез, а также принимает участие в развитии стрессовых и иммунных реакций; благодаря своей липофильной природе легко проникает через клеточную мембрану в цитоплазму и ядро, где связывается со специфическими рецепторами.

**Кофермент А (КоА)** – участвует в реакциях синтеза в качестве переносчика ацильных групп; состоит из остатка адениловой кислоты, пирофосфатной группы, пантотеновой кислоты и в-меркаптоэтанолamina.

**Крахмал** – смесь резервных полисахаридов растений; состоит из амилозы (30 %) и амилопектина (70 %), мономером которых является α-глюкоза.

**Креатин** – азотсодержащая карбоновая кислота, которая встречается у позвоночных. Участвует в энергетическом обмене в мышечных и нервных клетках

**Лактат** – конечный продукт гликолиза. В условиях покоя основной источник лактата в плазме – эритроциты. При физической нагрузке лактат выходит из мышц и превращается в печени в глюкозу путём глюконеогенеза.

**Лактоза (молочный сахар)** – углевод группы дисахаридов, содержится в молоке и молочных продуктах. Молекула лактозы состоит из остатков молекул глюкозы и галактозы

**Лактоферрин** – глобулярный гликопротеин с молекулярной массой около 80 кДа; является компонентом иммунной системы организма, содержится в молоке, слюне, слезах и секрете носовых желёз.

**Липаза** – фермент класса гидролаз, катализирует расщепление и синтез сложных эфирных связей в триглицеридах.

**Липопротеинлипаза** – фермент класса гидролаз, катализирующий расщепление триглицеридов хиломикроннов на плазматических мембранах клеток; наиболее высока активность этого фермента в миокарде.

**Липопротеины** – сложные белки, транспортные формы липидов в крови; состоят из аполипопротеинов (апо-ЛП) и липидов (жиров, холестерина, фосфолипидов).

**Мальтоза** – природный дисахарид, состоящий из остатков  $\alpha$ -D-глюкозы, соединённых  $\alpha$ -гликозидными связями.

**Меланины** – биогенные пигменты, нерастворимые высокомолекулярные гетерополимеры с неупорядоченной структурой, образующиеся из тирозина: эумеланины чёрного и коричневого цвета, фиомеланины жёлтого и красновато-коричневого цвета.

**Метгемоглобин** – окисленная форма гемоглобина, не связывает кислород.

**Миоглобин** – гемсодержащий хромопротеин, депонирующий кислород в мышечной ткани.

**Митохондрии** – внутриклеточные органеллы, содержащие системы тканевого дыхания и окислительного фосфорилирования; имеют собственный геном.

**Мочевая кислота** – продукт обмена пуриновых оснований, синтезируется в печени и частично в кишечнике при участии ксантиноксидазы, выделяется с мочой.

**Мочевина** – конечный продукт обезвреживания аммиака, синтезируется в орнитиновом цикле преимущественно в митохондриях печени, выводится с мочой.

**Натриевый насос ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – АТФаза)** – мембранный механизм, поддерживающий определённое соотношение ионов в клетке путём их активного транспорта против электрохимического и концентрационного градиентов.

**Нейромедиаторы** – биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача нервного импульса в синапсах.

**Никотинамидадениндинуклеотид (НАД, NAD)** – кофермент, входит в состав ферментов группы дегидрогеназ, катализирующих окислительно-восстановительные реакции; выполняет функцию переносчика электронов и протонов.

**Никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ, NADP)** – кофермент дегидрогеназ, катализирующих окислительно-восстановительные реакции. В восстановленном виде участвует в реакциях восстановительного синтеза.

**Пептидная связь** – вид амидной связи, возникающей при образовании белков и пептидов в результате взаимодействия  $\alpha$ -аминогруппы (–

NH<sub>2</sub>) одной аминокислоты с α-карбоксильной группой (– COOH) другой аминокислоты.

**Пиридоксин** – собирательное название водорастворимого витамина В<sub>6</sub>; в составе кофермента пиридоксальфосфата участвует в реакциях трансаминирования и декарбоксилирования аминокислот.

**Пиримидиновые нуклеотиды** – состоят из азотистых оснований: цитозина, урацила или тимина, углевода: рибозы или дезоксирибозы и остатка фосфорной кислоты; входят в состав ДНК или РНК.

**Пируватдегидрогеназный комплекс** – содержится в матриксе митохондрий, состоит из трёх ферментов и пяти коферментов, осуществляет окислительное декарбоксилирование пирувата – этап аэробного окисления глюкозы; продуктами процесса являются ацетил–КоА, СО<sub>2</sub> и НАДНН<sup>+</sup>.

**Подагра** – заболевание, которое характеризуется отложением в различных тканях организма кристаллов солей мочевой кислоты (уратов); в основе лежит накопление мочевой кислоты в крови (гиперурикемия).

**Полимеразная цепная реакция (ПЦР)** – способ молекулярной диагностики, при котором используется увеличения малых концентраций фрагментов ДНК в биологическом материале.

**Постабсорбтивное состояние** – период после завершения пищеварения до следующего приёма пищи.

**Простагландины** – группа физиологически активных веществ, образующихся из арахидоновой кислоты; являются высокоспецифичными внутриклеточными регуляторами функций, обладают выраженным физиологическим эффектом.

**Простетическая группа** – небелковый компонент, связанный с белком, который выполняет важную роль в биологической активности соответствующего белка. Простетические группы могут быть органическими (витамины, углеводы, липиды) или неорганическими (например, ионы металлов).

**Протромбин** – белок плазмы крови человека и животных, гликопротеид, компонент системы свёртывания крови, предшественник фермента тромбина, стимулирующего формирование тромба.

- Уреаза** – абсолютно специфичный фермент класса гидролаз, катализирующий расщепление мочевины.
- Ураты** – соли мочевой кислоты, откладывающиеся в суставах и других органах при подагре.
- Фенилкетонурия** – наследственная олигофрения вследствие недостаточности фенилаланингидроксилазы.
- Ферритин** – железосодержащий белок печени и других тканей, служит резервом железа в организме.
- Фибриноген** – белок плазмы крови, синтезируется в печени, под действием тромбина превращается в фибрин.
- Флавинадениндинуклеотид (ФАД)** – кофермент оксидоредуктаз, содержащий рибофлавин (витамин В2) и адениловую кислоту.
- Флюороз** – следствие избыточного содержания ионов F<sup>-</sup> в воде и разрушения апатитов зубов.
- Фолиевая кислота** – водорастворимый витамин, входящий в состав кофермента тетрагидрофолата, который участвует в синтезе пуриновых и пиримидиновых азотистых оснований; её недостаточность – причина анемии.
- Фосфолипиды** – бифильные вещества, в состав которых входят: глицерин или сфингозин, высшие жирные кислоты, остаток фосфорной кислоты и азотсодержащий спирт (этаноламин, холин, серин) или инозитол;
- Фруктоза** – моносахарид, гексоза, кетоза; входит в состав сахарозы, в свободном виде содержится в мёде.
- Химотрипсин** – сериновая эндопептидаза, вырабатывается в виде неактивного химотрипсиногена в поджелудочной железе, активируется в просвете токой кишки трипсином путём ограниченного протеолиза, проявляет специфичность к связям, образованным аминокислотами Фен, Тир, Три.
- Холестерол** – (устаревшее название холестерин), производное гонана, синтезируется в печени из ацетил-КоА, является компонентом биологических мембран, идёт на синтез желчных кислот, витамина Д3 и стероидных гормонов.
- Цинга** – болезнь, вызываемая острым недостатком витамина С (L-аскорбиновой кислоты).

**Четвертичная структура белка** – ассоциация отдельных белковых субъединиц. Для неё характерен кооперативный эффект и специализация субъединиц.

**Эйкозаноиды** – окисленные производные арахидоновой кислоты: простагландины, тромбоксаны, тромбоциклины, лейкотриены.

**Экзоцитоз** – процесс выделения частиц из клеток, при котором внутриклеточные везикулы сливаются с внешней клеточной мембраной.

**Эластин** – второй по значимости белок соединительной ткани, обладающий эластичностью и позволяющий тканям восстанавливаться.

**Эмульгирование жиров** – образование мелкодисперсной стойкой эмульсии частиц жира в водной среде с помощью поверхностно активных веществ, роль которых в кишечнике выполняют желчные кислоты, образующиеся в печени.