

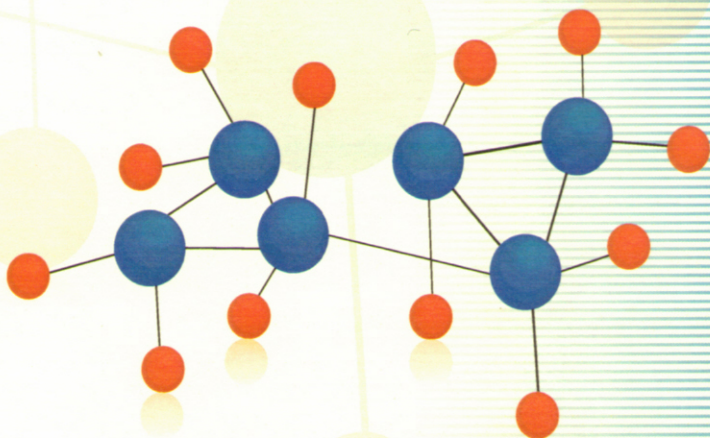


ТОЛЬЯТТИНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

В.Н. Власов

БИОХИМИЯ ЧЕЛОВЕКА

Сборник учебно-методических материалов



Тольятти
ТГУ
2011

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Факультет физической культуры и спорта
Кафедра «Адаптивная физическая культура»

В.Н. Власов

БИОХИМИЯ ЧЕЛОВЕКА

Сборник учебно-методических материалов

Тольятти
ТГУ
2011

УДК 577
ББК 28.072
В581

Рецензенты:

д.м.н., руководитель Федерального государственного учреждения
«Главное бюро медико-социальной экспертизы
по Самарской области», филиал № 15 *Т.П. Епихина*;
к.б.н., доцент Тольяттинского государственного университета
В.В. Горелик.

В581 Власов, В.Н. Биохимия человека : сб. учеб.-метод. материалов / В.Н. Власов. — Тольятти : ТГУ, 2011. — 135 с.

Сборник предназначен для углубленного изучения курса «Биохимия человека» и дальнейшей качественной подготовки студентов на основе изучения современных подходов к пониманию биохимических аспектов физической культуры. Он не заменяет учебника и содержит краткие дополнительные сведения по биохимии человека. В сборнике использованы недоступные широкому кругу студентов данные биохимических руководств, специальных исследований по биохимии, методических разработок и практикумов ведущих институтов физической культуры страны. Ряд вопросов освещен на основании исследований сотрудников кафедры.

Практические и лабораторные занятия по биохимии, проводимые на факультете физической культуры, подкрепляют и расширяют теоретический лекционный курс.

Адресован студентам, обучающимся по специальностям 022300 «Физическая культура и спорт» и 032102 «Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура)».

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ГОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет», 2011

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий сборник подготовлен с целью оказать помощь студентам в изучении курса «Биохимия» в соответствии с рекомендованными учебными программами.

Учебные занятия со студентами проводятся в форме лекций и лабораторных занятий, консультаций и зачетов.

Лекции для студентов, особенно заочного обучения, читаются не по всем темам курса и носят установочный и обзорный характер. В них рассматриваются узловые и наиболее трудные вопросы, по которым при самостоятельной работе студентам трудно составить достаточно ясное представление. Отдельные темы, как менее трудные для усвоения, должны прорабатываться студентами самостоятельно по учебной литературе.

На практических занятиях студенты выполняют лабораторные работы по плану программы. При выполнении лабораторной работы необходимо вести краткий протокол по следующему плану: название темы, цель работы, методика проведения, полученные результаты, выводы, вытекающие из проведенного исследования.

Решающее значение для усвоения программы имеет самостоятельная работа студента. В процессе самостоятельной работы студент, руководствуясь программой и методическим пособием, должен изучить весь рекомендуемый материал. При этом он должен учесть, что курс биохимии излагается по двум разделам: «Биохимия обмена веществ в организме человека» и «Биохимические основы мышечной деятельности». При таком рассмотрении следует составить себе ясное представление о том, какое значение имеет биохимия для осуществления мышечной деятельности.

Изучая материал, студент должен вести конспект, в котором необходимо отмечать наиболее важные и трудные для понимания и усвоения биохимические факты и закономерности.

При самостоятельном изучении курса большое значение имеют консультации, которыми студентам необходимо пользоваться.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Пояснительная записка

Курс «Биохимия» в высших физкультурных учебных заведениях содержит два раздела: «Биохимия обмена веществ в организме человека» и «Биохимические основы мышечной деятельности». Часы, отводимые на изучение курса, распределяются между этими двумя разделами примерно поровну.

Изучение курса «Биохимия» согласно учебного плану предусматривает следующее распределение часов по видам учебных занятий.

Название специальности (направление)	№ семестра	Лекции (час.)	Лабораторные работы (час)	Формы контроля
022300 «Физическая культура и спорт»	4	16	18	Зачет
032102 «Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура)»	4	16	18	Зачет

Цели дисциплины: ознакомление студентов с основами биохимии, особенностями биохимических процессов при тренировках, а также повышение работоспособности и улучшение спортивных результатов благодаря полученным знаниям о химической структуре и обмене веществ в живых клетках.

В изучаемом курсе излагаются принципиальные вопросы биохимии, имеющие непосредственное значение для практической деятельности по специальностям 022300 «Физическая культура и спорт» и 032102 «Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура)». Программа дисциплины соответствует Государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования и предусматривает решение следующих задач:

- 1) изучение химического состава живого организма, строения и свойств молекул, из которых он состоит;
- 2) изучение обмена веществ, то есть химических превращений, которым подвергаются входящие в организм молекулы (раздел биохимии, решающий эти задачи, называется «Общая биохимия»);

3) изучение влияния на организм разнообразных физических нагрузок, в том числе применяемых в спорте.

В целом раздел биохимии, занимающийся решением третьей задачи, называется «Спортивная биохимия» или «Биохимия спорта».

Изучение курса «Биохимия» строится на основе знаний из области анатомии и физиологии человека, общей биологии, генетики, химии, физики, педагогики, психологии, математики.

На лекционных занятиях сообщаются сведения о химическом составе живого организма, строении и свойствах молекул, из которых он состоит. Обращается внимание студентов на то, что эти сведения служат для понимания сущности обмена веществ, построения системы воспитания и образования и методическим источником для разработки индивидуальных программ физического воспитания и физической реабилитации больных и инвалидов. Поэтому особое внимание уделяется таким темам, как «Биокатализ», «Биоэнергетика», «Обмен углеводов, липидов, белков, воды и минеральных соединений», «Биохимия мышц и мышечного сокращения», «Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой и спортом».

На лабораторных занятиях студенты овладевают методиками использования современных методов оценки должного основного обмена, суточных энергозатрат и пищевого статуса.

Большое значение имеет самостоятельная работа студентов. Она состоит из теоретической подготовки по учебникам и выполнения контрольной работы, включающей в себя практические задания.

В результате изучения дисциплины «Биохимия» студент должен

• **знать:**

- химический состав организма человека;
- строение и биохимические особенности белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, воды и минеральных соединений;
- динамику обмена веществ, биокатализ и биоэнергетику;
- биохимические основы мышечного сокращения, утомления и восстановления;
- биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой и спортом;

- **уметь:**

- применять в педагогической и тренерской деятельности теоретические знания, получаемые при изучении дисциплины;
- оценивать эффективность физкультурно-спортивных занятий;
- применять навыки научно-методической деятельности и использовать биохимические знания для решения конкретных задач в физической культуре и спорте;
- использовать методики оценки биохимического состояния организма человека, получаемые в цикле лабораторных работ;

- **владеть** навыками по составлению рациона питания, оценки энергозатрат и пищевого статуса для занимающихся физической культурой и спортом с целью коррекции и увеличения работоспособности.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «БИОХИМИЯ»

Раздел 1. Биохимия обмена веществ в организме человека

Тема 1.1. Химический состав организма человека. Общие закономерности обмена веществ в организме человека

Химические элементы, молекулы и ионы, входящие в состав организма человека, их содержание и функции. Уровни структурной организации химических соединений живых организмов. Понятие об обмене веществ организма с внешней средой. Обмен веществ и энергии – основа всех биологических функций. Ассимиляция и диссимиляция, анаболизм и катаболизм, их взаимосвязь. Понятие о функциональном и пластическом обмене, обмене с внешней средой и промежуточном обмене. Особенности протекания обменных процессов в различных состояниях организма: относительного покоя, активной деятельности, отдыха после работы. Зависимость обмена веществ от возраста, особенностей питания, других факторов. Изменение обменных процессов под влиянием факторов внешней среды как основа биохимической адаптации организма к условиям существования. Общие принципы регуляции обмена веществ. Взаимосвязь обменных процессов с клеточными структурами.

Тема 1.2. Биокатализ

Ферменты как биологические катализаторы, их роль в процессах обмена веществ. Белковая природа ферментов. Каталитические и регуляторные центры ферментов. Специфичность действия ферментов. Свойства ферментов как биокатализаторов: термолабильность, температурный оптимум, влияние активной реакции среды на активность ферментов, активация и ингибирование ферментов. Биохимические механизмы действия ферментов. Образование ферментных комплексов. Понятие об изоферментах. Общие представления о классификации ферментов.

Витамины: определение понятия. Классификация витаминов. Важнейшие представители водо- и жирорастворимых витаминов, общие представления об их химическом строении. Биохимические механизмы участия витаминов в обеспечении обменных процессов.

Роль витаминов в образовании коферментов. Биологическая роль и пищевые источники водорастворимых и жирорастворимых витаминов. Понятие о гиповитаминозе, авитаминозе и гипervитаминозе.

Тема 1.3. Биоэнергетика

Взаимосвязь обмена веществ и обмена энергии. Приложение законов термодинамики к обмену энергии в живых организмах. Организм как открытая система. Источники энергии организма человека, их характеристика. Биологическое окисление — основной путь освобождения энергии в живых организмах. Понятие об аэробном и анаэробном окислении. Аэробное окисление как многоступенчатый процесс. Дыхательная цепь. Общие представления о химическом составе и строении ферментов биологического окисления. Кислород как акцептор электронов и протонов. Образование воды и перекиси водорода в процессах биологического окисления.

Энергетический эффект биологического окисления: аккумуляция энергии в макроэргических связях и теплообразование. Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), особенности ее химического строения, биологическая роль. Общие представления о механизмах окислительного фосфорилирования. Понятие о субстратном и медиаторном фосфорилировании. Свободное окисление. Зависимость степени сопряжения окисления с фосфорилированием от функционального состояния организма.

Тема 1.4. Обмен углеводов

Химические превращения углеводов в процессе пищеварения. Гидролиз ди- и полисахаридов. Ферменты, ускоряющие пищеварение углеводов, условия их действия. Механизмы транспорта продуктов пищеварения углеводов через клеточные мембраны, пути их использования в организме. Биосинтез и мобилизация гликогена в печени и других тканях, регуляция этих процессов. Использование углеводов в качестве источника энергии. Анаэробный распад гликогена и глюкозы (гликолиз). Начальная активация углеводов в ходе гликолиза, окисление промежуточных продуктов гликолиза и аккумуляция энергии в макроэргических связях, образование и устранение молочной кислоты. Энергетический эффект гликолиза. Аэробная стадия превращений углеводов. Окислительное

декарбоксилирование пировиноградной кислоты и образование ацетилкофермента А. Превращения ацетилкофермента А в цикле трикарбоновых кислот. Связь цикла трикарбоновых кислот с системой переноса водорода на кислород и ресинтеза АТФ. Энергетическая эффективность аэробного распада углеводов. Использование углеводов в пластических целях. Образование и роль в организме гетерополисахаридов. Общие представления о глюконеогенезе.

Тема 1.5. Обмен липидов

Превращения липидов в процессе пищеварения. Ступенчатый гидролиз липидов, ферменты, участвующие в этом процессе, условия их действия, конечные продукты пищеварения липидов. Роль желчных кислот в процессах пищеварения липидов и всасывания продуктов пищеварения. Синтез специфических липидов из продуктов пищеварения в клетках кишечной стенки. Транспорт липидов по организму, депонирование липидов. Образование липопротеидов и их роль в организме. Роль печени в обмене липидов. Использование жиров в качестве источника энергии. Мобилизация резервного жира. Липолиз и его регуляция. Транспорт глицерина и жирных кислот. Бета-окисление жирных кислот, образование ацетилкофермента А. Дальнейшие превращения ацетилкофермента А: превращения в цикле трикарбоновых кислот, участие в синтезе кетонных тел и образовании холестерина. Использование кетонных тел в качестве источника энергии. Энергетический эффект окисления жиров. Общие представления о синтезе жирных кислот из продуктов углеводного и белкового обмена, внутриклеточных превращениях фосфолипидов, гликолипидов, стероидов.

Тема 1.6. Обмен белков и нуклеиновых кислот

Химические превращения белков в процессе пищеварения. Ферменты, участвующие в этом процессе, условия их действия. Конечные продукты пищеварения белков. Превращения непереваренных белков. Понятие о метаболическом фонде аминокислот. Пути использования аминокислот в организме. Внутриклеточный синтез белка. Роль нуклеиновых кислот в синтезе белка. ДНК как хранитель специфической информации о структуре белков. Биохимические основы генетического кода. Роль РНК в процес-

сах считывания и реализации наследственной информации. Активация аминокислот при синтезе белка. Сборка белковых молекул в рибосомах. Возникновение пространственной структуры белковых молекул. Регуляция синтеза белка. Катаболические превращения аминокислот. Реакции переаминирования, дезаминирования, декарбоксилирования. Образование заменимых аминокислот и биологически активных производных аминокислот. Образование аммиака при дезаминировании аминокислот и азотистых оснований. Транспорт аммиака. Орнитиновый цикл синтеза мочевины как главный путь устранения аммиака. Общие представления об обмене нуклеопротеидов и хромопротеидов. Образование мочевой кислоты.

Тема 1.7. Обмен воды и минеральных соединений

Содержание, распределение между отдельными тканями и роль воды в организме человека. Важнейшие водно-дисперсные системы организма: кровь, лимфа, протоплазма клеток, моча, слюна и др., их химический состав и биологическая роль. Потребность человека в воде и пути ее удовлетворения. Экзогенная вода. Образование эндогенной воды в реакциях обмена веществ. Депонирование воды. Особенности транспорта воды через клеточные мембраны. Выделение воды из организма. Биохимические механизмы регуляции водного баланса организма. Жажда. Осмотическая природа истинной жажды.

Минеральные соединения организма человека, их содержание, распределение между отдельными тканями и роль в организме. Ионы, роль ионов в образовании клеточных структур и поддержании пространственной конфигурации молекул биополимеров. Ионная регуляция ферментативной активности. Участие ионов в образовании мембранного потенциала, регуляции осмотического давления и активной реакции жидкостных сред организма. Потребность организма человека в различных минеральных соединениях и ее изменение в зависимости от внешних условий и функционального состояния. Особенности транспорта минеральных соединений и ионов. Выделение минеральных соединений с потом и мочой. Биохимические механизмы регуляции минерального обмена.

Раздел 2. Биохимические основы мышечной деятельности

Тема 2.1. Биохимия мышц и мышечного сокращения

Химический состав мышечной ткани. Содержание воды, белков, липидов, углеводов и минеральных соединений в мышечной ткани. Макроэргические соединения мышц, их концентрация и распределение в мышечном волокне. Важнейшие белки мышц: миозин, актин, тропонин, тропомиозин, миоглобин, белки стромы, ядер, их важнейшие свойства, структурная организация и роль в мышечном волокне. Молекулярное строение миофибрилл. Последовательность химических реакций мышечного сокращения. Роль ацетилхолина, ионов кальция и модуляторных белков в процессе мышечного сокращения. АТФ-азная активность миозина и ее роль в сократительной деятельности мышц. Взаимодействие актина и миозина в процессе сокращения. Химические реакции при расслаблении мышц. Роль АТФ в двухфазной мышечной деятельности. Связь показателей механической производительности мышц с особенностями их химического состава и строения, особенностями молекулярного строения миофибрилл.

Тема 2.2. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

Относительное постоянство концентрации АТФ – необходимое условие сократительной деятельности мышц. Понятие об аэробных и анаэробных путях ресинтеза АТФ при мышечной работе. Количественные характеристики биоэнергетических процессов: мощность, емкость, скорость разворачивания, эффективность. Ресинтез АТФ в креатинфосфокиназной реакции, кинетические характеристики и механизмы регуляции скорости этой реакции в процессе мышечной работы. Роль креатинфосфокиназной реакции в энергетическом обеспечении мышечной работы. Ресинтез креатинфосфата. Участие креатинфосфата в обеспечении внутриклеточного транспорта энергии. Влияние специализированной тренировки на биохимические факторы, определяющие кинетические характеристики креатинфосфокиназной реакции. Ресинтез АТФ в процессе гликолиза. Кинетические характеристики и особенности

регуляции гликолиза при работе. Роль гликолиза в энергетическом обеспечении мышечной работы. Молочная кислота, особенности ее влияния на обменные процессы при работе. Пути устранения молочной кислоты при работе и в период восстановления. Биохимические факторы, определяющие кинетические характеристики гликолиза и их изменение под влиянием специализированной тренировки. Роль в ресинтезе АТФ процессов анаэробного образования янтарной кислоты и альтернативных путей распада углеводов – глицерофосфатного шунта и образования аланина. Миокиназная реакция, ее роль в поддержании постоянства концентрации АТФ и регуляции активности ферментов энергетического обмена. Ресинтез АТФ в процессе окислительного фосфорилирования. Кинетические характеристики и механизмы регуляции скорости этой реакции при работе. Факторы, влияющие на степень сопряжения окисления с фосфорилированием при работе. Влияние специализированной тренировки на биохимические факторы, определяющие кинетические характеристики аэробного пути ресинтеза АТФ.

Тема 2.3. Биохимические изменения в организме при мышечной деятельности различного характера. Биохимические основы утомления. Понятие о срочных, отставленных и кумулятивных биохимических изменениях, их взаимосвязь

Характер энергетического обеспечения работы как главный фактор, определяющий направленность срочных биохимических изменений. Зависимость характера и глубины срочных биохимических изменений от особенностей мышечной работы: мощности и продолжительности упражнений, продолжительности интервалов отдыха, режима деятельности мышц, количества участвующих в работе мышц. Биохимические изменения в работающих мышцах, крови, других органах и тканях. Биохимические особенности мобилизации энергетических субстратов и транспорта кислорода к работающим тканям. Особенности регуляции обмена веществ при работе в различных условиях.

Классификация мышечных упражнений по биохимическим критериям. Особенности биохимических изменений в критических условиях мышечной деятельности: на уровне «порога анаэробного обмена», на «критической» мощности, на «мощности истощения»,

на уровне максимальной анаэробной мощности, при выполнении упражнений разных зон относительной мощности.

Утомление и выносливость. Биохимические изменения, приводящие к развитию утомления: истощение энергетических субстратов, нарушение гомеостаза внутренних сред организма, угнетение ферментативной активности продуктами «рабочего» обмена, нарушение пластического обеспечения функций, изменения нервной и гормональной регуляции. Роль «центральных» и «периферических» биохимических изменений в развитии утомления. Специфичность биохимических изменений, вызывающих утомление при различной мышечной работе.

Тема 2.4. Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы

Направленность биохимических превращений в период восстановления на восполнение затраченных на работу веществ и устранение накопленных промежуточных и конечных продуктов метаболизма. Гетерохронность восстановления. Использование жиров в качестве основного источника энергии в период восстановления. Кислородный долг. Биохимические механизмы его образования и оплаты. Анаболическая фаза обмена веществ. Явление суперкомпенсации. Особенности регуляции обменных процессов в период восстановления. Биохимическое обоснование средств и методов ускорения восстановительных процессов.

Тема 2.5. Биохимическое обоснование методики занятий физической культурой и спортом с лицами разного возраста и пола

Биохимические особенности растущего организма. Различия в возрастной динамике развития отдельных органов, тканей и функциональных систем в растущем организме. Высокая интенсивность обменных процессов, преобладание процессов синтеза над распадом как причина относительно пониженных функциональных возможностей растущего организма. Особенности влияния занятий физическими упражнениями и спортом на обменные процессы в организме детей и подростков. Особенности гормональной регуляции обменных процессов при выполнении мышечной работы

детьми и подростками. Биохимическое обоснование особенностей методики занятий физической культурой и спортом с детьми и подростками. Особенности развития силы, быстроты и выносливости в процессе тренировки детей и подростков.

Биохимические особенности зрелого и стареющего организма. Возрастные изменения протекания обменных процессов, его регуляции, биохимического статуса организма в различные периоды после завершения роста. Нормализующее влияние систематических занятий физическими упражнениями и спортом на биохимические параметры зрелого и стареющего организма. Биохимическое обоснование особенностей методики занятий физическими упражнениями и спортом с лицами зрелого и пожилого возраста.

Тема 2.6. Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой и спортом

Питание как основной путь восполнения энергетических затрат организма, обеспечения его пластическими веществами и веществами-регуляторами. Зависимость потребности в основных компонентах пищи (белках, липидах, углеводах, минеральных соединениях, витаминах) от возраста, пола, особенностей выполняемой тренировочной нагрузки. Понятие о сбалансированном питании. Биохимическое обоснование требований к составу белкового, липидного и углеводного компонентов питания. Использование низкомолекулярных соединений и биологически активных пищевых добавок для повышения работоспособности, ускорения восстановительных процессов и биохимической адаптации к физическим нагрузкам. Биохимические основы эргогенической диетологии. Биохимическое обоснование «углеводной ориентации» питания спортсменов. Биохимическое обоснование особенностей питания спортсменов в дни тренировок и соревнований, «на дистанции», при сгонке веса, тренировках и соревнованиях в условиях среднегорья.

Темы рефератов

1. Характеристика энергетического обеспечения соревновательной деятельности в избранном виде физкультурно-спортивной деятельности.
2. Характеристика срочных биохимических изменений при тренировках и соревнованиях в избранном виде физкультурно-спортивной деятельности.
3. Биохимические превращения в период восстановления после тренировок или соревнований в избранном вами виде физкультурно-спортивной деятельности.
4. Особенности протекания и регуляции биохимических превращений у детей и подростков при занятиях избранным видом физкультурно-спортивной деятельности.
5. Особенности протекания и регуляции биохимических превращений у лиц пожилого возраста при выполнении физических упражнений.
6. Биохимическое обоснование особенностей питания при занятиях избранным видом физкультурно-спортивной деятельности.

Вопросы к зачету

1. Химический состав организма человека. Химические элементы, соединения, ионы, входящие в состав организма человека, их процентное содержание. Понятие о макро-, микро- и ультрамикроэлементах организма человека.

2. Обмен веществ между организмом и внешней средой как основное условие жизни, источник энергии для всех физиологических функций. Ассимиляция и диссимиляция. Пластический и функциональный обмен. Обмен веществ с внешней средой и промежуточный обмен. Энергетический обмен.

3. Адаптационные изменения обмена веществ как основа приспособляемости живых организмов. Изменения обмена веществ с возрастом, характером питания, функциональной активностью организма. Связь обменных процессов с клеточными структурами.

4. Условия протекания реакций обмена веществ в живых организмах. Роль ферментов в обмене веществ. Особенности химического строения и свойства ферментов. Механизм действия ферментов.

5. Витамины, их классификация. Общие представления о химическом строении различных витаминов. Механизмы воздействия витаминов на обменные процессы. Роль витаминов в образовании ферментов. Понятие о гиповитаминозе, авитаминозе, гипервитаминозе. Влияние занятий различными видами спорта на потребность организма человека в витаминах.

6. Общие принципы и механизмы регуляции обмена веществ в организме.

7. Гормоны, общие представления об их химическом строении. Роль гормонов в регуляции обмена веществ в организме. Механизмы регуляторного воздействия гормонов на обменные процессы.

8. Источники энергии живых организмов. Биологическое окисление как основной путь освобождения энергии в живых организмах. Аэробное и анаэробное биологическое окисление.

9. Аэробное окисление. Дыхательная цепь и перенос электронов. Ферменты аэробного окисления. Кислород как акцептор водорода.

10. Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Особенности ее химического строения. Содержание и роль АТФ в организме человека.

11. Окисление, сопряженное с фосфорилированием. Энергетический эффект аэробного окисления. Свободное окисление. Зависимость степени сопряжения окисления с фосфорилированием от функционального состояния организма. Локализация систем аэробного окисления в клетке. Механизм внутриклеточного переноса энергии.

12. Углеводы, содержащиеся в продуктах питания. Химические превращения углеводов в процессе пищеварения. Ферменты, участвующие в этом процессе, условия их действия. Конечные продукты пищеварения углеводов, пути их использования в организме.

13. Биосинтез и расщепление гликогена в печени. Условия протекания этих процессов, их регуляция.

14. Анаэробный распад гликогена и глюкозы (гликолиз). Последовательность химических реакций гликолиза. Ресинтез АТФ в ходе гликолиза.

15. Аэробная стадия углеводного обмена. Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты, образование ацетилкофермента А. Превращения ацетилкофермента А в цикле трикарбоновых кислот. Связь цикла трикарбоновых кислот с системой

переноса водорода на кислород ресинтеза АТФ. Энергетический эффект аэробного окисления углеводов.

16. Химические превращения липидов в процессах пищеварения. Роль желчных кислот в процессах пищеварения липидов и всасывания продуктов пищеварения. Дальнейшие превращения продуктов пищеварения липидов в организме.

17. Использование жиров в процессах энергетического обмена. Мобилизация жиров. Внутриклеточные превращения глицерина. Связь превращений глицерина с циклом трикарбоновых кислот. Энергетический эффект окисления глицерина.

18. Бетта-окисление жирных кислот. Энергетический эффект бетта-окисления жирных кислот. Образование ацетилкофермента А и его дальнейшие превращения в цикле трикарбоновых кислот. Энергетический эффект полного окисления жирных кислот.

19. Биохимические механизмы и условия образования кетонных тел. Дальнейшие превращения кетонных тел.

20. Химические превращения белков в процессе пищеварения. Ферменты, участвующие в этом процессе, условия их действия. Конечные продукты пищеварения белков, пути их использования в организме.

21. Синтез специфических белков в клетке, его основные этапы. Роль нуклеиновых кислот в синтезе белка. Регуляция синтеза белка.

22. Внутриклеточные превращения аминокислот. Реакции переаминирования, дезаминирования, декарбоксилирования аминокислот. Связь превращений аминокислот с циклом трикарбоновых кислот.

23. Образование и устранение аммиака в организме. Временное и постоянное связывание аммиака. Орнитиновый цикл синтеза мочевины как главный путь устранения аммиака.

24. Взаимосвязь превращений углеводов, белков, липидов: наличие общих промежуточных продуктов и путей превращений, взаимопревращения различных классов соединений. Центральная роль ацетилкофермента А в обмене углеводов, липидов, белков.

25. Биохимическое обоснование потребности организма человека в углеводах, липидах, белках. Обоснование представления о полноценности липидного и белкового питания.

26. Содержание, распределение между отдельными тканями и роль воды в организме. Важнейшие водно-дисперсные системы организма. Обмен воды. Факторы, влияющие на обмен воды.

27. Минеральные соединения организма человека, их содержание, распределение между отдельными тканями и биологическая роль. Обмен минеральных соединений и факторы, влияющие на него.

28. Химический состав мышечной ткани. Содержание и роль важнейших белков, липидов, энергетических субстратов, воды и минеральных веществ в мышечной ткани.

29. Строение мышечного волокна. Молекулярное строение миофибрилл. Роль химических составных частей миофибрилл в обеспечении сократительной функции мышц.

30. Последовательность химических реакций мышечного сокращения. Содержание АТФ в мышечном волокне и ее роль в мышечном сокращении.

31. Пути ресинтеза АТФ при мышечной работе. Понятие о мощности, емкости и эффективности процессов ресинтеза АТФ.

32. Креатинфосфат, особенности его химического строения. Ресинтез АТФ в креатинфосфатной реакции. Кинетические характеристики креатинфосфатной реакции, ее роль в энергетическом обеспечении мышечной работы.

33. Гликолиз как путь ресинтеза АТФ при мышечной работе. Характеристика мощности, емкости и энергетической эффективности гликолиза. Роль гликолиза в энергетическом обеспечении мышечной работы.

34. Молочная кислота. Особенности ее химического строения. Влияние молочной кислоты на обменные процессы при работе. Пути устранения молочной кислоты при работе и в период восстановления.

35. Аэробный путь ресинтеза АТФ при работе. Мощность, емкость, энергетическая эффективность аэробного ресинтеза АТФ. Субстраты аэробного окисления. Потребность в кислороде и условия обеспечения им тканей при работе.

36. Понятие о «срочных», «отставленных» и «кумулятивных» биохимических изменениях, их взаимосвязь.

37. Зависимость «срочных» биохимических изменений от количества участвующих в работе мышц, режима деятельности мышц, мощности и продолжительности упражнения и других особенностей выполняемой работы.

38. Классификация мышечной работы по характеру происходящих биохимических изменений. Биохимическая характеристика упражнений разных зон относительной мощности: максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной. Другие виды классификаций.

39. Характер и направленность биохимических превращений в организме в период восстановления. Гетерохронность восстановления различных веществ, затраченных при работе.

40. Понятие о кислородном «долге». Биохимические механизмы образования и устранения кислородного «долга».

41. Суперкомпенсация, причины ее возникновения. Суперкомпенсация как основа биохимической адаптации организма под влиянием систематической тренировки.

42. Биохимическое обоснование средств и методов ускорения восстановительных процессов.

43. Утомление. Биохимические изменения в организме, вызывающие утомление. Роль центральных и периферических факторов в возникновении утомления.

44. Выносливость. Биохимические факторы, определяющие проявление различных компонентов выносливости.

45. Особенности протекания обменных процессов в растущем организме. Биохимическое обоснование средств и методов, применяемых при занятиях физическими упражнениями с детьми и подростками.

46. Особенности обменных процессов в стареющем организме. Биохимическое обоснование средств и методов, применяемых при занятиях физическими упражнениями с лицами зрелого и пожилого возраста.

47. Биохимическое обоснование особенностей питания при занятиях физической культурой и спортом. Биохимическое обоснование использования факторов питания для ускорения процессов восстановления, адаптации к систематическим мышечным нагрузкам, для коррекции неблагоприятных изменений в организме.

Раздел 1. Биохимия обмена веществ в организме человека

Тема 1.1. Химический состав организма человека

Организм человека на 60–65% состоит из воды, на 30–32% из органических соединений и на 4% из минеральных веществ.

Наибольшее значение для живых организмов имеют органические соединения. Важнейшими классами органических соединений, входящих в живые организмы, являются **белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды.**

Белки – это высокомолекулярные азотсодержащие соединения, построенные из **аминокислот**. Они выполняют в организме очень важные функции: структурную, каталитическую, сократительную, транспортную, регуляторную, защитную и энергетическую. На долю белков в среднем приходится 1/6 часть от массы тела. В состав белковых молекул могут входить десятки, сотни и тысячи остатков аминокислот. Однако все белки содержат лишь 20 видов аминокислот. У всех аминокислот можно выделить общую одинаковую часть молекулы, содержащую амино- (NH_2) и карбоксильную (COOH) группы. Другая часть молекулы обозначается как радикал (R) – она у каждой аминокислоты своя. Аминокислоты, соединяясь друг с другом, образуют длинные неразветвленные цепи – полипептиды. Полипептидная связь образуется при взаимодействии карбоксильной (COOH) группы одной аминокислоты и аминогруппы (NH_2) другой аминокислоты с выделением воды. Пептидные связи обладают высокой прочностью, их образуют все аминокислоты. В состав белковой молекулы входит один или несколько полипептидов. В белках существуют дисульфидные, водородные, ионные и другие связи. В итоге молекула белка является объёмным, трехмерным образованием, имеющим определенную пространственную форму. Для удобства рассмотрения пространственного строения молекулы белка условно выделяют четыре уровня её структурной организации.

Первый уровень пространственной организации белковой молекулы называется **первичной структурой** и представляет собой последовательность расположения аминокислот в полипептидных цепях. Фиксируется эта структура прочными пептидными связями. Каждый белок имеет уникальную первичную структуру.

Второй уровень пространственной организации – **вторичная структура** – описывает пространственную форму полипептидных цепей. У многих белков полипептидные цепи имеют форму спирали.

Третий уровень пространственной организации – **третичная структура** – отражает пространственную форму вторичной структуры. Вторичная структура в форме спирали, в свою очередь, может укладываться в пространстве в виде глобулы, т. е. имеет шаровидную или яйцевидную форму.

Пространственная форма всей белковой молекулы получила название **конформация**. Поскольку в молекуле белка наряду с прочными ковалентными связями имеются еще менее прочные (нековалентные) связи, то его конформация характеризуется нестабильностью и может легко изменяться. Изменение пространственной формы белка влияет на его биологические функции. Конформация, находясь в которой белок обладает биологической активностью, называется нативной. Воздействия на белок, приводящие к нарушению этой конформации, сопровождаются частичной или полной утратой белком его биологических свойств. Изменение конформации в небольших пределах обратимо и является одним из механизмов регуляции биологических функций белков в организме.

Четвертичной структурой обладают только некоторые белки. Четвертичная структура – это сложное надмолекулярное образование, состоящее из нескольких белков, имеющих свою собственную первичную, вторичную и третичную структуры. Каждый белок, входящий в состав четвертичной структуры, называется субъединицей. Например, белок крови гемоглобин состоит из четырех субъединиц двух типов (α и β) и имеет строение $\alpha_2\beta_2$. Ассоциация субъединиц в четвертичную структуру приводит к возникновению нового биологического свойства, отсутствующего у свободных субъединиц. Например, формирование четвертичной структуры в ряде случаев

сопровождается появлением каталитической активности, которой нет у отдельных субъединиц.

Четвертичная структура неустойчива и легко диссоциирует на субъединицы. Образование и диссоциация четвертичной структуры является еще одним механизмом регуляции биологических функций белков.

Из всех структур белка кодируется только первичная. За счет информации, заключенной в молекуле ДНК, синтезируются полипептидные цепи (первичная структура). Высшие структуры (вторичная, третичная, четвертичная) возникают самопроизвольно в соответствии со строением полипептидов.

Белки делятся на простые (протеины) и сложные (протеиды). Простые белки состоят только из аминокислот, т. е. из одного или нескольких полипептидов. К простым белкам, имеющимся в организме человека, относятся **альбумины, глобулины, гистоны, белки опорных тканей.** В молекуле сложного белка, кроме аминокислот, еще имеется неаминокислотная часть, называемая **протетической группой.** В зависимости от строения протетической группы выделяют такие сложные белки, как **фосфопротеиды** (содержат в качестве протетической группы фосфорную кислоту), **нуклеопротеиды** (содержат нуклеиновую кислоту), **гликопротеиды** (содержат углевод), **липопротеиды** (содержат липоид), **хромопротеиды** (содержат окрашенную протетическую группу).

Существует классификация белков, вытекающая из их пространственной формы. В этом случае белки разделяются на два больших класса: **глобулярные и фибриллярные.** Молекулы глобулярных белков имеют шарообразную или эллипсоидную форму (альбумины и глобулины плазмы крови). Фибриллярные белки представляют собою вытянутые молекулы, у которых длина значительно превышает их диаметр. К таким белкам прежде всего необходимо отнести коллаген — самый распространенный белок у человека, на долю которого приходится 25–30% от общего количества белков организма. Коллаген обладает высокой прочностью и эластичностью. Этот белок широко распространен в организме, он входит в состав соединительной ткани и поэтому обнаруживается в коже, стенках сосудов, мышцах, сухожилиях, хрящах, костях, во внутренних органах.

Белки, являясь высокомолекулярными соединениями, характеризуются большими величинами молекулярной массы.

Амфотерность белков (наличие у молекул как кислотных, так и основных свойств) обусловлена присутствием в их молекулах свободных карбоксильных групп (кислотные группы) и аминогрупп (основные группы). Проявление белками кислотных или основных свойств зависит от кислотности среды. В кислой среде белки проявляют основные (*щелочные*) свойства. В щелочной среде белки обладают кислотными свойствами. Однако при определенной кислотности в молекуле белка может быть одинаковое количество диссоциированных карбоксильных групп ($-\text{COO}^-$) и протонированных аминогрупп ($-\text{NH}_3^+$). Такая белковая молекула не имеет заряда и является нейтральной. При повышении или снижении кислотности изменяется заряд белковых молекул, что сказывается на свойствах белка и в том числе на его функциональной активности.

Белки хорошо **растворяются** в воде, и их растворы близки по свойствам к коллоидным растворам. Высокая стабильность белковых растворов обеспечивается наличием у белковых молекул заряда, благодаря которому при столкновениях молекулы белка отталкиваются друг от друга, и их объединения в более крупные частицы не происходит. Второй фактор устойчивости белковых растворов заключается в наличии у белковых молекул гидратной (водной) оболочки. Поэтому при столкновениях молекулы белка отделены друг от друга гидратными оболочками и их соединения не происходит.

Высаливание – это выпадение белка в осадок под действием водо-отнимающих средств, к которым в первую очередь относятся соли (Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и др.). Ионы солей, подобно белкам, также хорошо связывают воду. При высоких концентрациях вследствие низкой молекулярной массы солей количество их ионов огромно по сравнению с макромолекулами белков. В результате большая часть воды связывается с ионами солей, что приводит к значительному уменьшению гидратных оболочек у белков, снижению их растворимости и выпадению в осадок. Высаливание – процесс обратимый. При удалении водоотнимающего средства или при добавлении воды осадок белка растворяется и образуется полноценный раствор белка.

Под **денатурацией** понимается потеря белком его нативности. Денатурация, как правило, сопровождается выпадением белка в осадок. Денатурация вызывается физическими и химическими факторами.

Физическими факторами являются: нагревание (выше 50–60°C), различные виды излучения (ультрафиолетовое и ионизирующее), ультразвук, вибрация. К химическим факторам относятся: сильные кислоты и щелочи, соли тяжелых металлов, некоторые органические кислоты (трихлоруксусная и сульфосалициловая).

Под влиянием перечисленных факторов в молекулах белков рвутся различные непептидные связи, что вызывает разрушение высших (кроме первичной) структур и переход белковых молекул в новую пространственную форму. Такое изменение конформации приводит к утрате белками их биологической активности.

При кратковременном действии денатурирующих факторов конформационные изменения незначительны, и поэтому возможен переход белка снова в нативную форму и восстановление его биологических свойств (**ренатурация**).

Продолжительное воздействие факторов денатурации вызывает необратимое глубокое изменение трехмерной структуры белковых молекул, что делает ренатурацию невозможной.

Нуклеиновые кислоты по своему строению являются полинуклеотидами, состоящими из очень большого количества моонуклеотидов (нуклеотидов). Любой нуклеотид обязательно включает в себя азотистое основание (циклическое соединение, содержащее атомы азота и обладающее щелочными свойствами), углевод и фосфорную кислоту.

Азотистые основания бывают двух типов: пуриновые и пиримидиновые. К пуриновым основаниям относятся аденин и гуанин. Пиримидиновыми основаниями являются урацил, тимин и цитозин. Углеводом, входящим в состав нуклеотидов, может быть рибоза или дезоксирибоза. Азотистое основание, связанное с углеводом, называется **нуклеозидом**. Нуклеозиды, содержащие аденин и гуанин, называются соответственно **аденозин** и **гуанозин**, а нуклеозиды с пиримидиновыми основаниями получили названия: **уридин**, **тимидин** и **цитидин**. Если в состав нуклеозида входит дезоксирибоза,

то в название нуклеозида входит еще приставка «дезокси-». Например, нуклеозид, состоящий из аденина и рибозы, называется «аденозин», а нуклеозид, содержащий аденин и дезоксирибозу, носит название «дезоксаденозин».

Фосфорная кислота присоединяется эфирной связью к пятому атому углерода рибозы или дезоксирибозы. Поэтому нуклеотиды можно рассматривать как нуклеозид фосфаты. Нуклеотиды, входящие в состав нуклеиновых кислот, имеют один остаток фосфорной кислоты, а свободные нуклеотиды могут содержать от одного до трех фосфатных остатков. Название нуклеотидов состоит из трех частей: название нуклеозида, входящего в данный нуклеотид; числительное, показывающее количество остатков фосфорной кислоты, и слово «фосфат». Нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и фосфорной кислоты, называется аденозинмонофосфат, или сокращенно АМФ. Нуклеотиды, входящие в нуклеиновые кислоты, соединяются друг с другом в длинные полинуклеотидные цепи эфирными связями, идущими от углевода одного нуклеотида к фосфорной кислоте соседнего. В результате такого связывания образуется длинная цепь, состоящая из чередующихся остатков углевода и фосфорной кислоты. Азотистые основания непосредственно в эту цепь не входят; они как боковые веточки присоединяются к углеводам. Отличаются полинуклеотиды друг от друга длиной (т. е. количеством нуклеотидов) и последовательностью расположения азотистых оснований.

В одну молекулу нуклеиновых кислот может входить углевод только одного вида – рибоза или дезоксирибоза. На этом основании все нуклеиновые кислоты делятся на два типа: **рибонуклеиновые** – РНК (содержат рибозу) и **дезоксирибонуклеиновые** – ДНК (содержат дезоксирибозу). ДНК имеет более сложное строение. Состоит молекула ДНК из двух полинуклеотидных цепей, закрученных в спираль вокруг общей оси и образующих двойную спираль (рис. 1). Один виток каждой спирали содержит 10 нуклеотидов. Азотистые основания обеих цепей находятся внутри двойной спирали и соединены друг с другом водородными связями. Связывание (спаривание) азотистых оснований осуществляется строго определенным образом. Аденин всегда соединяется с тиминном, а гуанин – с цитозином, причем все без исключения основания

одной цепи спарены с основаниями второй. Вследствие этого обе нуклеотидные цепи, образующие молекулу ДНК, имеют одинаковую длину и пространственно соответствуют друг другу. Если в каком-то месте одной цепи находится аденин, то обязательно напротив него в другой цепи присутствует тимин, а напротив гуанина всегда располагается цитозин.



Рис. 1. Схема строения ДНК

Такое пространственное соответствие двух полинуклеотидных цепей ДНК получило название **комплементарность**. Принцип комплементарности лежит в основе таких важнейших процессов, как **репликация** (удвоение молекулы ДНК в процессе клеточного деления), **транскрипция** (передача генетической информации с молекулы ДНК информационной РНК в процессе синтеза белков) и **трансляция** (сборка из аминокислот белковой молекулы на рибосомах).

Углеводы – это альдегидоспирты или кетоспирты и их производные. Они делятся на три основные группы: моносахариды, олигосахариды и полисахариды. **Моносахариды (простые сахара)** не подвергаются гидролизу, получить из них более простые углеводы

невозможно. К моносахаридам относятся: **рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза** и др.

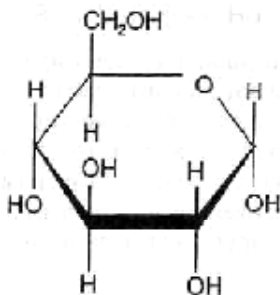
Олигосахариды состоят из нескольких (до 10) моносахаридов. При гидролизе они распадаются на входящие в их молекулы моносахариды. В природе часто встречаются олигосахариды, состоящие из двух моносахаридов, т. е. **дисахариды**. Наиболее распространенными **дисахаридами** являются: **сахароза** (пищевой или тростниковый сахар), содержащая в своей молекуле остатки глюкозы и фруктозы, **лактоза (молочный сахар)**, состоящая из остатков глюкозы и галактозы, и др.

Полисахариды представляют собой длинные неразветвленные или разветвленные цепи, включающие сотни, тысячи моносахаридов. Чаще всего полисахариды состоят из глюкозы. Наиболее распространены следующие полисахариды: **целлюлоза** (клетчатка), **крахмал, гликоген**. Все они состоят только из остатков глюкозы.

В природе углеводы содержатся главным образом в растениях. В организме человека углеводов около 1%.

Основным природным углеводом является глюкоза, которая может находиться как в свободном виде (моносахарид), так и в составе олигосахаридов (сахароза, лактоза и др.) и полисахаридов (клетчатка, крахмал, гликоген).

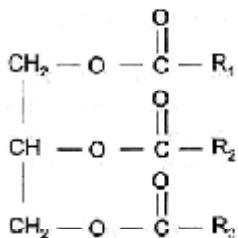
Эмпирическая формула глюкозы $C_6H_{12}O_6$. Однако, как известно, глюкоза может иметь различные пространственные формы (ациклическую и циклические). В организме человека почти вся глюкоза (свободная и входящая в олиго- и полисахариды) находится в циклической α -пиранозной форме:



Свободная глюкоза в организме человека в основном находится в крови, где ее содержание довольно постоянно (70–110 мг%).

Другим типичным для человека углеводом является гликоген. Состоит гликоген из сильно разветвленных молекул большого размера, содержащих десятки тысяч остатков глюкозы. Эмпирическая формула гликогена – $(C_6H_{10}O_5)_n$ ($C_6H_{10}O_5$ – остаток глюкозы). Гликоген является запасной, резервной формой глюкозы. Основные запасы гликогена сосредоточены в печени (до 5–6% от массы печени) и в мышцах (до 2–3% от их массы). Глюкоза и гликоген в организме выполняют энергетическую функцию, являясь главными источниками энергии для всех клеток организма.

Липиды – группа разнообразных по строению веществ, обладающих одинаковыми физико-химическими свойствами: липиды не растворяются в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях (керосин, бензин, гексан и др.). Липиды делятся на **жиры** и **жироподобные вещества (липоиды)**. Молекула жира состоит из остатка спирта – **глицерина** и трех остатков **жирных кислот**:



Жирные кислоты, входящие в состав жиров, делятся на **предельные**, или **насыщенные** (не имеют двойных связей), и **непредельные**, или **ненасыщенные** (содержат одну или несколько двойных связей). Наиболее часто в состав природных жиров входят жирные кислоты, содержащие 16 или 18 атомов углерода (насыщенные: пальмитиновая, стеариновая; ненасыщенные: олеиновая, линолевая). Отличаются друг от друга жиры разного происхождения набором жирных кислот.

Подобно углеводам жиры также являются важными источниками энергии для организма. 1 г жира при полном окислении дает около 9 ккал энергии, в то время как при полном окислении 1 г углеводов или белков выделяет только около 4 ккал. Однако жиры по сравнению с углеводами труднее окисляются и поэтому используются организмом для получения энергии во вторую очередь.

Липиды являются обязательными компонентами всех биологических мембран. В организме человека имеются три класса липидов: фосфолипиды, гликолипиды и стероиды.

Тема 1.2. Общие закономерности обмена веществ в организме человека

Обменом веществ и энергии называется совокупность химических и физических превращений, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность. Из внешней среды в организм поступают источники энергии, строительный материал для различных синтезов, витамины, минеральные вещества, вода и кислород. Из организма удаляются конечные продукты химических превращений, протекающих в организме: углекислый газ, вода, аммиак (в форме мочевины). Обмен веществ складывается из процессов ассимиляции и диссимиляции. Совокупность синтетических процессов, при которых расходуется энергия, носит название **ассимиляции, пластического обмена или анаболизма**. Совокупность процессов распада соединений, протекающих с высвобождением энергии, получила название **диссимиляции, энергетического обмена или катаболизма**. Обменные процессы, протекающие в организме, можно условно разделить на два этапа: **пищеварение и метаболизм**.

В процессе **пищеварения** пищевые вещества под действием пищеварительных ферментов расщепляются и превращаются в простые соединения – универсальные для всех живых организмов. Белки распадаются на аминокислоты 20 видов, точно такие же, как и аминокислоты самого организма. Из углеводов пищи образуется универсальный моносахарид – глюкоза.

Метаболизм – это совокупность химических реакций, протекающих во внутренней среде организма, то есть в живых клетках. Обмен веществ, или **метаболизм**, является основным признаком жизни. Энергия, освобождающаяся в процессе метаболизма, необходима для совершения работы, роста, развития и обеспечения структуры и функции всех клеточных элементов.

Обмен веществ и обмен энергии составляют единое целое и подчиняются универсальному закону природы – **закону сохранения материи и энергии**. Метаболизм обеспечивает восстановление

постоянно теряемых организмом веществ и распадающихся органических соединений, входящих в состав тканей и тканевых жидкостей, снабжает организм энергией, необходимой для движения, секреции, образования ряда веществ и других проявлений жизни.

В свою очередь, метаболизм делится на **катаболизм** и **анаболизм**. Под **катаболизмом** понимаются химические реакции, за счет которых крупные молекулы подвергаются расщеплению и превращаются в молекулы меньшего размера. Конечными продуктами катаболизма являются такие простейшие вещества, как CO_2 , H_2O и NH_3 . **Анаболизм** включает разнообразные реакции синтеза. Процессы ассимиляции (анаболизм) и диссимиляции (катаболизм) неразрывно связаны между собой. В разные периоды жизни организма наблюдаются различные соотношения между процессами ассимиляции и диссимиляции.

Макроэргическими соединениями называют вещества, в которых накапливается много энергии. В организме человека роль макроэргических соединений выполняют **аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)**. Аденозинтрифосфат (АТФ) является нуклеотидом. В состав молекулы АТФ входят азотистое основание — **аденин**, углевод — **рибоза** и три остатка фосфорной кислоты (аденин, связанный с рибозой, называется аденозином). Особенностью молекулы АТФ является то, что второй и третий остатки фосфорной кислоты присоединяются связью, богатой энергией. Такая связь называется высокоэнергетической, или макроэргической, и обозначается знаком \sim . Соединения, имеющие связи, обозначаются термином «**макроэрги**». Биологическая роль АТФ заключается в том, что это вещество является универсальным аккумулятором энергии, своего рода энергетической «валютой» клетки. Основным поставщиком АТФ является тканевое дыхание — завершающий этап катаболизма, протекающий в митохондриях всех клеток, кроме красных клеток крови (эритроцитов).

Тема 1.3. Биокатализ

Ферменты или **энзимы** — это особые белки, являющиеся катализаторами химических реакций. Все химические реакции в организме протекают с большими скоростями благодаря участию ферментов. Участок молекулы фермента, на котором происходит катализ,

получил название «активный центр». В активном центре выделяют два участка – **адсорбционный** и **каталитический**. Адсорбционный участок (центр связывания) по своему строению соответствует структуре реагирующих соединений, и поэтому к нему легко присоединяются молекулы субстрата. Каталитический участок активного центра непосредственно осуществляет ферментативную реакцию.

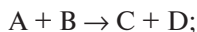
Различают два вида специфичности ферментов: специфичность действия и субстратную специфичность. **Специфичность действия** – это способность фермента катализировать только строго определенный тип химической реакции. **Субстратная специфичность** – способность фермента действовать только на определенные субстраты. Различают две разновидности субстратной специфичности: абсолютную и относительную. Фермент, обладающий абсолютной специфичностью, катализирует превращения только одного субстрата. Относительная (групповая) субстратная специфичность – это способность фермента катализировать превращение нескольких похожих по строению веществ.

Скорость ферментативных реакций существенно зависит от следующих факторов: от концентрации фермента и концентрации субстрата, от температуры и кислотности среды. Скорость ферментативных реакций зависит от присутствия ингибиторов и активаторов.

Ингибиторы – это химические соединения, которые избирательно тормозят определенные ферментативные реакции. **Активаторы** – вещества, избирательно повышающие скорость определенных ферментативных реакций.

Все ферменты делятся на **шесть классов** в зависимости от типа катализируемой реакции.

I класс – оксидоредуктазы – ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции:



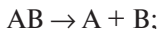
II класс – трансферазы – ферменты, катализирующие перенос химических группировок с молекулы одного вещества на молекулу другого:



III класс – гидролазы – ферменты, расщепляющие химические связи путем присоединения воды, то есть гидролиза:



IV класс – лиазы – ферменты, катализирующие расщепление химических связей без присоединения воды:



V класс – изомеразы – ферменты, катализирующие изомеразные превращения, то есть перенос отдельных химических групп в пределах одной молекулы:



VI класс – синтазы – ферменты, катализирующие реакции синтеза, протекающие за счет энергии АТФ.

Каждый класс, в свою очередь, делится на подклассы. С классификацией ферментов тесно связана их индексация (нумерация).

Наряду с белком-ферментом еще участвует низкомолекулярное (небелковое) соединение, называемое **коферментом**. Большинство коферментов в своем составе содержат витамины.

Витамины – низкомолекулярные органические соединения самого разнообразного строения, которые не синтезируются в организме, но являются жизненно необходимыми и поэтому должны обязательно поступать в организм с пищей, хотя и в очень небольших количествах.

Некоторые витамины в ограниченном количестве вырабатываются микрофлорой кишечника.

Биологическая роль большинства известных витаминов заключается в том, что они входят в состав **коферментов и простетических групп ферментов** и, следовательно, используются организмом как строительный материал при синтезе соответствующих небелковых частей ферментов.

По физико-химическим свойствам витамины делятся на две группы: водорастворимые (B_1 , B_2 , B_3 , B_6 , B_{12} , B_c , С, Р, РР) и жирорастворимые (А, D, Е, К). Кроме витаминов пища может также содержать **провитамины**. Провитамины являются предшественниками витаминов. Попадая в организм, провитамины превращаются в витамины.

Антивитамины – вещества, затрудняющие использование витаминов организмом. **Авитаминозы** – тяжелейшие заболевания, вы-

званные полным отсутствием в организме какого-либо витамина. **Гиповитаминозы** – специфические заболевания, вызываемые недостаточным содержанием отдельных витаминов в организме. **Гипервитаминозы** – специфические заболевания, причиной которых является избыточное поступление в организм определенных витаминов.

Тема 1.4. Биоэнергетика

В процессе обмена веществ в организме происходят различные реакции окисления, которые называют **биологическое окисление**. Основным типом биологического окисления является тканевое дыхание, протекающее в **митохондриях** (в связи с этим тканевое дыхание еще называют **митохондриальным окислением**).

Тканевое дыхание – это основной способ получения АТФ, используемый всеми клетками организма (кроме красных клеток крови – эритроцитов). В процессе тканевого дыхания от окисляемого вещества **отнимаются два атома водорода** (два протона и два электрона) и по дыхательной цепи, состоящей из ферментов и коферментов, передаются на молекулярный кислород – O_2 , доставляемый кровью из воздуха во все ткани организма. В результате присоединения атомов водорода к кислороду образуется вода. За счет энергии, выделяющейся при движении электронов по дыхательной цепи, в митохондриях осуществляется синтез АТФ из АДФ и фосфорной кислоты. Обычно образование одной молекулы воды сопровождается синтезом трех молекул АТФ.

В качестве субстратов окисления (т. е. веществ, от которых отнимается водород) в тканевом дыхании используются разнообразные промежуточные продукты распада белков, углеводов и жиров. Однако наиболее часто окислению подвергаются промежуточные продукты трикарбоновых кислот (ЦТК) – цикла Кребса (изолимонная, α -кетоглутаровая, янтарная и яблочная кислоты). Цикл Кребса – это завершающий этап катаболизма, в ходе которого происходит окисление остатка уксусной кислоты, входящей в **ацетилкофермент А**, до CO_2 и H_2O . В свою очередь, ацетилкофермент А – это универсальный метаболит организма, в который при своем распаде превращаются главные органические вещества – белки, углеводы и жиры. Тканевое дыхание представляет собой сложный фермен-

тативный процесс. На протяжении дыхательной цепи наблюдается передвижение электронов. Движение электронов вызвано тем, что все участники дыхательной цепи располагаются по мере нарастания их окислительно-восстановительных потенциалов. Поскольку самое низкое значение имеет окисляемое вещество, а самое высокое — кислород, то в итоге электроны от окисляемого вещества поступают на молекулу кислорода. **Движение электронов по дыхательной цепи сопровождается выделением энергии.** Около половины энергии движения электронов аккумулируется в макроэргических связях молекул АТФ. Другая часть выделяется в виде тепла. Образование АТФ в процессе тканевого дыхания часто обозначается терминами: **окислительное фосфорилирование, дыхательное фосфорилирование, аэробное фосфорилирование, или аэробный синтез АТФ.**

В сутки в организме за счет тканевого дыхания возникает не менее 40 кг АТФ, а у спортсмена еще больше. Поэтому этот процесс потребляет большое количество окисляемых веществ и кислорода. Митохондрии, в которых протекает тканевое дыхание, имеются во всех клетках (кроме красных клеток крови) и представляют собой вытянутые палочковидные образования длиной 2–3 мкм ($1 \text{ мкм} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$) и толщиной около 1 мкм. Количество митохондрий в клетках может достигать тысячи и более. Митохондрии снаружи окружены двойной мембраной. Внешняя мембрана гладкая, а внутренняя складчатая, с большой поверхностью. Ферменты тканевого дыхания встроены во внутреннюю мембрану и располагаются в ней в виде отдельных скоплений, называемых **дыхательными ансамблями**. Каждый дыхательный ансамбль содержит все необходимые ферменты для обеспечения переноса электронов в процессе тканевого дыхания. **Благодаря строго упорядоченному расположению ферментов в дыхательных ансамблях передвижение электронов по дыхательной цепи осуществляется с большой скоростью.**

В клетках митохондрии часто располагаются в том месте, где используется энергия АТФ. В мышечных клетках митохондрии располагаются около сократительных элементов — миофибрилл — и обеспечивают энергией их сокращение в процессе мышечной работы. **Под влиянием систематических тренировок количество митохондрий в мышечных клетках значительно увеличивается.**

Тканевое дыхание (митохондриальное окисление) является основным способом биологического окисления, то есть окисления органических веществ в живом организме. Однако наряду с тканевым дыханием в организме имеются и другие способы окисления.

Анаэробное окисление происходит в цитоплазме и здесь же отщепленный водород присоединяется не к кислороду (как в случае тканевого дыхания), а к какому-то другому веществу. Наиболее часто таким акцептором водорода является **пировиноградная кислота**, возникающая при распаде углеводов и аминокислот. В результате присоединения атомов водорода пировиноградная кислота превращается в **молочную кислоту** (лактат). При данном окислении вместо конечного продукта – воды – образуется другой конечный продукт – молочная кислота, причём это происходит без потребления кислорода, то есть **анаэробно**. За счет выделившейся при этом энергии в цитоплазме осуществляется синтез АТФ, который получил название **анаэробное**, или **субстратное фосфорилирование**, или же **анаэробный синтез АТФ**. Биологическое назначение данного типа окисления – получение АТФ без участия тканевого дыхания и кислорода.

Тема 1.5. Обмен углеводов

Основные пищевые углеводы – крахмал, клетчатка, сахароза (пищевой сахар), лактоза (молочный сахар), гликоген.

Переваривание пищевых углеводов начинается в ротовой полости. Завершается переваривание углеводов превращением образовавшейся мальтозы и других пищевых дисахаридов (сахароза, лактоза) в моносахариды (глюкоза, фруктоза, галактоза), **главным из которых является глюкоза.**

Клетчатка (целлюлоза), в молекуле которой остатки глюкозы соединены прочными связями, в ходе пищеварения не расщепляется и, пройдя через весь кишечник, выделяется из организма.

Образовавшиеся моносахариды всасываются по системе воротной вены и поступают вначале в печень. При этом в печень поступает практически только глюкоза, так как в ходе всасывания в клетках тонкой кишки в нее могут превращаться другие моносахариды (фруктоза, галактоза и др.).

В печени значительная часть глюкозы превращается в гликоген, который представляет собой запасную, резервную форму глюкозы или депо глюкозы (свободная глюкоза накапливаться в клетках не может, так как ее молекулы имеют малый размер и легко проходят через клеточные мембраны). Между приемами пищи в печени протекает противоположный процесс — гликоген распадается на глюкозу, которая из печени выходит в кровь.

Благодаря синтезу в печени происходит накопление гликогена, и его концентрация может достигать 5–6%. Превращение в печени глюкозы в гликоген предотвращает резкое увеличение её содержания в крови во время приема пищи.

Синтез гликогена из глюкозы также происходит в мышцах, но его концентрация в них не превышает 2–3%. Образованию гликогена в мышцах способствует пищевая гипергликемия — повышение концентрации глюкозы в крови во время приема пищи. Синтез гликогена ускоряется гормоном **инсулином**. Между приемами пищи гликоген печени расщепляется и превращается в глюкозу, которая выходит в кровь. Этот распад идет с участием фосфорной кислоты и называется **фосфоролизом**. Распад гликогена в печени до глюкозы часто обозначается термином **глюкогенез**, он ускоряется гормонами **глюкагоном** и **адреналином**. Благодаря протеканию в печени двух противоположных процессов: синтеза гликогена из глюкозы и его распада снова на глюкозу, её концентрация в крови изменяется только в небольшом диапазоне, поэтому кровь постоянно снабжает все органы глюкозой. В мышцах расщепление гликогена обычно наблюдается при выполнении физической работы. Распад гликогена в мышцах стимулирует гормон адреналин, который выделяется в кровь как раз во время мышечной работы.

Использование углеводов в организме осуществляется двумя путями.

1. Большая часть углеводов (90–95%) подвергается распаду по гексозодифосфатному пути (ГДФ-путь), который является для организма главным источником энергии.

2. Незначительная часть углеводов (5–10%) распадается по гексозомонофосфатному пути (ГМФ-путь), имеющему анаболическое

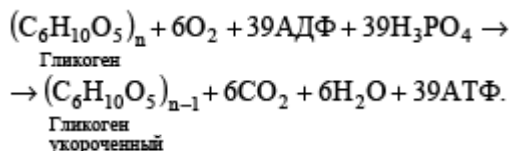
назначение и обеспечивающему различные синтезы рибозой и водородом в форме НАДФ-Н₂.

ГДФ-путь может протекать аэробно и анаэробно. **Аэробный** ГДФ-путь функционирует постоянно, а анаэробный распад углеводов наблюдается только при повышенной потребности клеток в энергии, в основном в скелетных мышцах. Аэробный распад глюкозы по ГДФ-пути – сложный, многостадийный процесс, включающий десятки промежуточных реакций, приводящих в конечном счете к образованию углекислого газа и воды с выделением большого количества энергии. Этот процесс можно разделить на три этапа, последовательно идущих друг за другом.

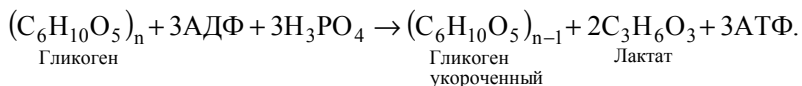
Итоговое уравнение **аэробного ГДФ-пути распада** глюкозы:



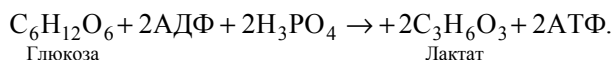
Итоговое уравнение аэробного ГДФ-пути распада гликогена:



Анаэробный распад углеводов обычно протекает в мышцах при выполнении интенсивных нагрузок. Все реакции протекают анаэробно (без участия митохондрий и потребления кислорода) и приводят к образованию и накоплению лактата (молочной кислоты). Такой анаэробный распад углеводов получил название **анаэробный гликолиз**, или просто **гликолиз**. В мышцах гликолизу в основном подвергается гликоген (его в мышцах много!), и его анаэробному распаду соответствует следующее итоговое уравнение:



Итоговое уравнение гликолитического распада глюкозы следующее:



Соотношение между аэробным и анаэробным распадом углеводов определяется потребностью клетки в энергии. При низкой

и средней потребности клеток в АТФ преобладает аэробное окисление, а при высокой потребности в энергии большая часть углеводов превращается в молочную кислоту, т. е. используется в гликолизе.

Тема 1.6. Обмен липидов

В суточном рационе обычно содержится 80–100 г жиров. Переваривание жиров происходит в тонкой кишке. Жир предварительно с помощью желчных кислот превращается в эмульсию, что значительно повышает эффективность действия фермента поджелудочного сока – **липазы**. Под действием этого фермента **жир** расщепляется на **глицерин** и **жирные кислоты**. Поскольку в пище присутствуют разнообразные жиры, то в результате их переваривания образуется большое количество разновидностей жирных кислот. Продукты расщепления жира всасываются слизистой тонкой кишки. Глицерин растворим в воде, поэтому его всасывание происходит легко. Жирные кислоты, не растворимые в воде, всасываются в виде комплексов с желчными кислотами. В клетках тонкой кишки глицерин вновь соединяется с жирными кислотами, но только с теми, которые входят в состав жиров организма человека. В результате синтезируется человеческий жир, который по лимфатическим сосудам, минуя печень, поступает в большой круг кровообращения и откладывается в запас в жировых депо.

Использование жира в качестве источника энергии начинается с его выхода из жировых депо в кровяное русло. Этот процесс называется **мобилизацией** жира. Мобилизация жира ускоряется под влиянием симпатической нервной системы и гормона адреналина. Основные превращения жира происходят в печени, где имеются активные ферменты жирового обмена.

В печени жир прежде всего подвергается гидролизу и превращается, так же как и в кишечнике, в глицерин и жирные кислоты. Образовавшийся **глицерин** легко переходит в **фосфоглицериновый альдегид**, который является также промежуточным продуктом распада углеводов и поэтому вовлекается в углеводный обмен. Жирные **кислоты**, являясь веществами химически неактивными, вначале активируются с использованием энергии АТФ и связываются со своим переносчиком – **коферментом А**. Образовавшийся ацилко-

фермент А далее с помощью еще одного переносчика – **карнитина** поступает в митохондрии, где происходит окисление жирной кислоты. Окисление жирных кислот протекает в два этапа. Окисление жира протекает при обязательном использовании молекулярного кислорода, что существенно ограничивает скорость этого процесса. Поэтому **за счет окисления жиров можно обеспечить энергией только работу средней мощности, но зато очень продолжительную**, так как запасы жира в организме весьма значительны.

Синтезируются жиры из глицерина и жирных кислот. В организме синтезируются только насыщенные и мононенасыщенные (имеющие одну двойную связь) жирные кислоты. Кислоты, содержащие две и более двойных связей в своей молекуле (полиненасыщенные), в организме **не синтезируются и должны поступать с пищей**. Синтез жира осуществляется в цитоплазме клеток (преимущественно жировой ткани, печени, тонкой кишки). Глицерин и жирные кислоты могут быть получены из углеводов. Поэтому при избыточном потреблении углеводов на фоне малоподвижного образа жизни развивается ожирение.

Тема 1.7. Обмен белков

В сутки с пищей поступает около 100 г белков. Переваривание белков осуществляется протеолитическими ферментами желудочного, поджелудочного и кишечного соков. Протеолитические ферменты в пищевых белках расщепляют пептидные связи, и белки превращаются в аминокислоты. В сутки из белков пищи образуется примерно 100 г аминокислот. Всасывание аминокислот происходит по системе **воротной вены**. Белки, входящие в состав клеток организма, также подвергаются постоянному распаду под влиянием внутриклеточных протеолитических ферментов, называемых внутриклеточными протеиназами или катепсинами. Эти ферменты локализованы в специальных внутриклеточных органоидах – лизосомах. Под действием катепсинов белки организма также превращаются в аминокислоты. В сутки расщепляется примерно 200 г белков организма. Следовательно, в течение суток в организме появляется около 300 г свободных аминокислот.

Большая часть аминокислот используется для синтеза белков. В организме взрослого человека существует равновесие между распадом и синтезом белков. У детей преобладает синтез, ведущий к накоплению белков в организме, что является обязательным условием роста и развития организма. Синтез белков происходит при участии нуклеиновых кислот и осуществляется в три этапа.

Первый этап синтеза белка – транскрипция – осуществляется в клеточном ядре с использованием ДНК как источника генетической информации. В ходе **второго этапа** – рекогниции (распознавания), протекающего в цитоплазме, аминокислоты избирательно связываются со своими переносчиками – транспортными РНК (тРНК). **Третий этап** синтеза белка – трансляция – происходит на рибосомах. В итоге за счет описанных трех этапов синтезируются полипептиды, т. е. формируется первичная структура белка. Высшие (пространственные) структуры (вторичная, третичная, четвертичная) возникают самопроизвольно.

Синтез белков – процесс энергоёмкий. Для включения в молекулу синтезируемого белка одной аминокислоты требуется не менее трех молекул АТФ. В очень небольших количествах белки еще синтезируются в митохондриях.

Синтез белков в организме ускоряется соматотропным гормоном (гормоном роста) и тестостероном (мужским половым гормоном). Тормозится синтез белков гормонами коры надпочечников – глюкокортикоидами.

Часть аминокислот подвергается распаду и превращается в конечные продукты: CO_2 , H_2O и NH_3 . Освободившийся аммиак, а также углекислый газ в печени используются для синтеза **мочевины**. Синтез мочевины – это **окончательное обезвреживание аммиака**. Из печени с кровью мочевина поступает в почки и выделяется с мочой. В сутки образуется 20–35 г мочевины. В целом выделение мочевины с мочой характеризует скорость распада белков в организме.

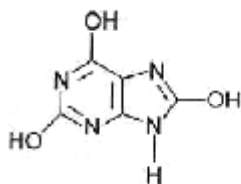
Тема 1.8. Обмен нуклеиновых кислот

С пищей в сутки поступает около 1 г нуклеиновых кислот. Переваривание их происходит в тонкой кишке. Сначала поступившие с пищей нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) под действием фермен-

тов поджелудочного сока (ДНКазы и РНКазы) превращаются в мононуклеотиды. Затем под влиянием ферментов кишечного сока от мононуклеотидов отщепляется фосфорная кислота, и образуются нуклеозиды (состоят из азотистого основания и углевода). Часть нуклеозидов может затем расщепиться на азотистые основания и углеводы. Продукты переваривания нуклеиновых кислот (азотистые основания, углеводы, фосфорная кислота и нерасщепившиеся нуклеозиды) всасываются в кровь, поступают по воротной вене в печень, а затем в другие органы. В клетках организма интенсивно протекает только **обмен рибонуклеиновых кислот (РНК)**, метаболические превращения ДНК протекают очень медленно и в основном только при делении клеток в растущих и регенерирующих тканях. При распаде внутриклеточные нуклеиновые кислоты, так же как и пищевые, превращаются последовательно в мононуклеотиды, нуклеозиды, фосфорную кислоту, азотистые основания и углеводы. Нуклеозиды, поступившие из кишечника, расщепляются на азотистые основания и углеводы.

Таким образом, из нуклеиновых кислот в конечном счете образуются азотистые основания (пуриновые и пиримидиновые), углеводы (рибоза и дезоксирибоза) и фосфорная кислота.

Пуриновые азотистые основания (аденин и гуанин) в процессе катаболизма дезаминируются (теряют аминогруппу в виде аммиака), окисляются и превращаются в мочевую кислоту:



Мочевая кислота

Образование мочевой кислоты осуществляется в печени. В сутки образуется и выводится с мочой около 1 г мочевой кислоты. Поскольку пуриновые азотистые основания входят в состав и ДНК и РНК, то по выделению мочевой кислоты с мочой можно судить о скорости распада в организме всех нуклеиновых кислот.

Пиримидиновое кольцо в отличие от пуринового менее устойчиво, поэтому пиримидиновые основания (тимин, урацил, цитозин) подвергаются глубокому распаду до CO_2 , H_2O и NH_3 .

Углеводы (рибоза и дезоксирибоза) вовлекаются в ГМФ-путь распада углеводов и превращаются в глюкозу. Фосфорная кислота распаду не подвергается. Она может снова использоваться в реакциях фосфорилирования и фосфолиза или же выделяется из организма с мочой.

Все клетки организма способны синтезировать необходимые для них нуклеиновые кислоты и не нуждаются в наличии в пище готовых нуклеиновых кислот или их составных частей. Поэтому содержание нуклеиновых кислот в пище не имеет для организма существенного значения, однако продукты их распада могут частично использоваться.

Синтезу пиримидиновых нуклеотидов предшествует образование необычного азотистого основания – оротовой кислоты (ее нет в составе нуклеиновых кислот), содержащей пиримидиновое кольцо. Синтезируется оротовая кислота из аммиака, углекислого газа и аспарагиновой кислоты. В связи с важной ролью оротовой кислоты в синтезе нуклеотидов в спортивной практике в качестве пищевой добавки нередко применяется оротат калия.

Синтез ДНК (репликация) интенсивно протекает во время клеточного деления. В процессе репликации в молекуле ДНК (родительская молекула) разрываются водородные связи между азотистыми основаниями обеих её нитей, что приводит к раскручиванию двойной спирали ДНК и образованию двух свободных нитей. К образовавшимся свободным нитям, как к матрицам, подходят нуклеотиды в трифосфатной форме и своими азотистыми основаниями с соблюдением принципа комплементарности (аденин – тимин и гуанин – цитозин) присоединяются к ним. Благодаря этому принципу создается нужная последовательность расположения нуклеотидов. По мере присоединения к матрице нуклеотиды связываются в полинуклеотидные нити, которые сразу же закручиваются с матрицей в двойную спираль. При этом от каждого нуклеотида отщепляется по два остатка фосфорной кислоты в форме дифосфата. В конечном счете на каждой матрице возникает новая нить, которая по строению точно соответствует второй нити ДНК. В результате репликации синтезируются две новые молекулы ДНК (дочерние), которые являются точной копией родительской мо-

лекулы ДНК. В дочерних молекулах одна полинуклеотидная нить происходит из родительской молекулы, а другая синтезирована из нуклеотидов в процессе репликации.

Синтез РНК (**транскрипция**) также протекает с участием ДНК. В процессе транскрипции раскручивается только ограниченный участок ДНК и матрицей служит лишь одна освободившаяся нить ДНК. К этой нити, как к матрице, подходят нуклеотиды в трифосфатной форме, содержащие рибозу, и по принципу комплементарности располагаются в строго определенном порядке. Затем нуклеотиды соединяются в полинуклеотид, и от каждого из них отщепляется дифосфат. Образовавшаяся полинуклеотидная цепь с матрицей двойной спирали не образует и легко отходит от молекулы ДНК, после чего происходит восстановление ее двойной спирали.

Таким образом, происходит синтез информационных (иРНК), транспортных (тРНК) и рибосомных (рРНК) РНК.

Тема 1.9. Обмен воды

Роль воды в жизнедеятельности живых организмов исключительно велика. Для любого живого организма вода является не только главной составной частью, но и средой, в которой протекают все жизненно важные химические процессы. Содержание воды в организме взрослого человека около 60–65% от массы тела, причём у детей эта цифра еще выше, а в стареющем организме воды меньше и её содержание может сократиться до 50%. При потере 4–5% воды возникает сильная жажда и наблюдается значительное снижение работоспособности, потеря 10–15% воды приводит к тяжелым нарушениям обмена веществ, а потеря 20–25% воды уже не совместима с жизнью. Большая часть воды ($\frac{2}{3}$) находится внутри клеток и называется внутриклеточной. Остальная часть воды ($\frac{1}{3}$) входит в состав спинномозговой жидкости, плазмы крови и лимфы. Такая вода получила название – внеклеточная.

Вода является жидкостью, которая обладает уникальным сочетанием целого ряда важных физико-химических свойств и является активным участником обмена веществ. Вода также является конечным продуктом ряда химических процессов, протекающих в организме. Большое количество воды (около 400 мл в сутки) образует-

ся в процессе тканевого дыхания. Средняя суточная потребность взрослого человека в воде – 2,5–2,8 л (40 мл на 1 кг массы тела).

Выделение воды с потом резко возрастает при мышечной работе в результате интенсивного потоотделения. При сильном потении человек может потерять в сутки более 5 л воды. Во время тренировки также увеличиваются потери воды с выдыхаемым воздухом.

Обмен воды находится под контролем нервно-гормональной регуляции. Поступление в организм воды контролируется чувством жажды. Возникает жажда при уменьшении содержания воды в организме даже на несколько процентов. Механизм возникновения жажды следующий. При дефиците воды происходит сгущение крови, и в ней повышается осмотическое давление. Увеличение осмотического давления крови воспринимается осморцепторами, с которых информация рефлекторным путем поступает в кору головного мозга, где и формируется чувство жажды.

Основным гормоном, вызывающим задержку воды в организме, является вазопрессин. Удержанию воды в организме также способствует гормон коры надпочечников – альдостерон. Под влиянием альдостерона в процессе образования мочи повышается скорость обратного всасывания в кровь ионов натрия и уменьшается обратное всасывание ионов калия. В итоге происходит задержка в организме ионов натрия и потеря ионов калия. Ионы натрия в отличие от ионов калия хорошо взаимодействуют с водой, образуя гидратную оболочку. **Поэтому задержка натрия в организме сопровождается сохранением в нем воды.** Выделение воды из организма стимулируется гормоном щитовидной железы – тироксином. Действие нервно-гормональной регуляции направлено на поддержание постоянства содержания воды в организме. Задержка воды в организме обычно сопровождается появлением отеков. Уменьшение содержания воды в организме приводит к обезвоживанию тканей. У спортсменов частичное обезвоживание организма может быть вызвано большими потерями воды с потом и выдыхаемым воздухом при выполнении ими большого объема тренировочных и соревновательных нагрузок.

Для предупреждения обезвоживания необходимо соблюдать питьевой режим. Рекомендуются «запасаться» водой, выпивая

400–500 мл воды за 40–60 мин до начала тренировки или соревнования. Во время тренировки или соревнования необходимо пополнять запасы воды в организме путем частого приема небольших порций (40–50 мл) воды или, что предпочтительнее, углеводно-минеральных напитков.

Тема 1.10. Обмен минеральных соединений

В организме человека содержится около 3 кг минеральных (неорганических) веществ, что составляет 4% от массы тела. Минеральный состав организма очень разнообразен, и в нем можно обнаружить почти все известные минеральные элементы, однако содержание их неодинако. Минеральные элементы, входящие в состав организма в больших количествах (десятки и сотни граммов и даже более), получили название макроэлементы. Остальные минеральные элементы находятся в организме в очень малых количествах и поэтому называются микроэлементами. К ним относятся Fe, F, J, Cu, Zn, Mn, Mo, Co, Sn, As, Ni, Cr, Br и др. Практически все минеральные элементы поступают с пищей в необходимых для организма количествах за исключением хлористого натрия.

Выводятся из организма минеральные вещества тремя путями: почками, кишечником и кожей.

Натрий, калий и хлор находятся в организме в ионизированной форме (Na^+ , K^+ , Cl^-). Ионы натрия и калия играют важную роль в создании осмотического давления, являющегося важнейшим физико-химическим фактором, от которого зависят многие функции клеток. Ионы натрия, калия и хлора еще участвуют в формировании нервного импульса и являются активаторами ряда ферментов. Хлор используется для образования соляной кислоты желудочного сока.

Ионы натрия и особенно **калия** необходимы для функционирования сердечной мышцы – миокарда, причём потребность в них возрастает по мере увеличения интенсивности сердечной деятельности.

Содержание в организме натрия и калия регулируется гормоном коры надпочечников – **альдостероном**. Этот гормон в процессе образования мочи в почках задерживает ионы натрия и способствует удалению из организма ионов калия.

У спортсменов, выполняющих интенсивные физические нагрузки, потребность миокарда в **калии** увеличивается. Однако за счет усиленного потоотделения происходит потеря больших количеств хлористого натрия, а также калия. В ответ на обессоливание организма увеличивается выброс в кровь альдостерона, который препятствует выделению ионов натрия с мочой и, наоборот, повышает экскрецию с мочой ионов калия. В результате такого влияния гормона существенно снижаются запасы калия, в том числе в сердечной мышце. Для нормализации калиевого обмена в спортивной практике используют продукты питания, богатые калием, а также аптечные препараты калия.

Кальций, магний и фосфор в основном находятся в составе костной ткани в форме нерастворимых солей. Эти соли составляют одну четверть объема костной ткани и половину её массы. Формирование костной ткани (минерализация) связано прежде всего с накоплением в ней фосфорнокислых солей **кальция**. Важная роль в этом процессе принадлежит витамину D. Ионы кальция являются обязательными участниками свертывания крови, а содержащиеся внутри мышечных клеток управляют процессами сокращения и расслабления мышцы. Ионы кальция и **магния** являются также активаторами некоторых ферментов. В частности, они активируют **креатинкиназу** — важнейший фермент, участвующий в обеспечении энергией мышечной деятельности.

Биологическая роль **фосфора** весьма многогранна. Часть фосфора входит в состав органических соединений, таких как нуклеиновые кислоты, фосфолипиды, фосфопротеиды. Часть фосфора находится в организме в форме фосфорной кислоты, играющей исключительно важную роль в энергетическом обмене.

Железо является главным микроэлементом. В организме взрослого человека содержится 4–5 г железа, а суточная потребность в этом элементе составляет 10–15 мг. Железо используется для синтеза **гемоглобина** и **миоглобина**. Таким образом, железо в первую очередь необходимо для обеспечения аэробных процессов, которые являются основными источниками энергии при выполнении продолжительных физических нагрузок.

Раздел 2. Биохимические основы мышечной деятельности

Тема 2.1. Биохимия мышц и мышечного сокращения

Каждая поперечно-полосатая мышца состоит из нескольких тысяч волокон, объединенных соединительнотканными прослойками и такой же оболочкой – фасцией. Мышечные волокна (миоциты) представляют собою сильно вытянутые многоядерные клетки длиной от 0,1 до 2–3 см, а в некоторых мышцах даже до 10 см. Толщина мышечных клеток 0,1–0,2 мм. Как и любая клетка, миоцит содержит такие обязательные органоиды, как ядра, митохондрии, рибосомы, цитоплазматическую сеть и клеточную оболочку. Особенностью миоцитов является наличие сократительных элементов – миофибрилл.

Цитоплазма (цитозоль, саркоплазма) занимает внутреннее пространство миоцитов и представляет собой коллоидный раствор, содержащий белки, гликоген, жировые капли и другие включения. На долю белков саркоплазмы приходится 25–30% от всех белков мышц. Среди саркоплазматических белков имеются активные ферменты. К ним в первую очередь следует отнести ферменты гликолиза, расщепляющие гликоген или глюкозу до пировиноградной или молочной кислоты. Еще один важный фермент саркоплазмы – креатинкиназа, участвующий в энергообеспечении мышечной работы. Особого внимания заслуживает белок саркоплазмы миоглобин, функция которого заключается в связывании молекулярного кислорода. Благодаря этому белку в мышечной ткани создается определенный запас кислорода. Установлена еще одна функция миоглобина – это перенос O_2 от сарколеммы к мышечным митохондриям.

В саркоплазме имеются небелковые азотсодержащие вещества. Их называют, в отличие от белков, экстрактивными веществами, так как они легко экстрагируются водой. Среди них – адениловые нуклеотиды АТФ, АДФ, АМФ и другие нуклеотиды, причем преобладает АТФ. К экстрактивным веществам также относятся креатинфосфат, его предшественник – креатин и продукт необратимого распада креатинфосфата – креатинин.

Основной углевод мышечной ткани – гликоген. Свободная глюкоза в саркоплазме содержится в очень малой концентрации. В процессе мышечной работы в саркоплазме происходит накопление продуктов углеводного обмена – лактата и пирувата.

Протоплазматический жир связан с белками и имеется в концентрации 1%. Запасной жир накапливается в мышцах, тренируемых на выносливость. Каждое мышечное волокно окружено клеточной оболочкой – сарколеммой. Снаружи сарколемма окружена сетью из переплетенных нитей белка коллагена. При мышечном сокращении в коллагеновой оболочке возникают упругие силы, за счет которых при расслаблении мышечное волокно растягивается и возвращается в исходное состояние. К сарколемме подходят окончания двигательных нервов. Место контакта нервного окончания с сарколеммой называется нервно-мышечный синапс или концевая нервная пластинка.

Сократительные элементы (миофибриллы) занимают большую часть объема мышечных клеток. В нетренированных мышцах миофибриллы расположены рассеянно, а в тренированных они сгруппированы в пучки, называемые полями **Конгейма**. Миофибриллы состоят из чередующихся светлых и темных участков, или дисков. В мышечных клетках миофибриллы располагаются таким образом, что светлые и темные участки рядом расположенных миофибрилл совпадают, что создает видимую под микроскопом поперечную исчертанность всего мышечного волокна. Миофибриллы являются сложными структурами, построенными из большого числа мышечных нитей (протофибрилл или филаментов) двух типов – толстых и тонких. Миофибриллы состоят из чередующихся пучков параллельно расположенных толстых и тонких нитей, которые концами заходят друг в друга. На рис. 2 представлена схема строения миофибриллы.

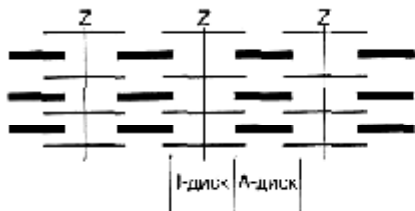


Рис. 2. Схема строения миофибриллы

Участок миофибриллы, состоящий из толстых нитей и находящихся между ними концов тонких нитей, обладает двойным лучепреломлением. При микроскопии этот участок задерживает видимый свет и поэтому кажется темным. Такие участки получили название анизотропные, или темные, диски (А-диски).

Светлые участки миофибрилл состоят из центральных частей тонких нитей. Они легко пропускают лучи света, так как не обладают двойным лучепреломлением, и называются изотропными, или светлыми, дисками (I-диски). В середине пучка тонких нитей поперечно располагается тонкая пластинка из белка, которая фиксирует положение мышечных нитей в пространстве. Эта пластинка хорошо видна под микроскопом в виде линии, идущей поперек I-диска, и названа Z-пластинкой, или Z-линией.

Участок миофибриллы между соседними Z-линиями получил название саркомер. Толстые нити состоят из белка **миозина**. В молекуле миозина различают две части – глобулярную головку и хвост (рис. 3).



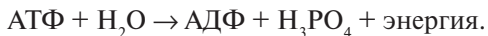
Рис. 3. Схема строения молекулы миозина

В головках миозина имеются два важных участка (центра). Один из них катализирует гидролитическое расщепление АТФ, т. е. соответствует активному центру фермента. Второй участок головки миозина обеспечивает во время мышечного сокращения связь толстых нитей с белком тонких нитей – актином. Тонкие нити состоят из трех белков: актина, тропонина и тропомиозина. Основным белком тонких нитей – актин. Актин обладает двумя важнейшими свойствами. Во-первых, проявляет высокую способность к полимеризации с образованием длинных цепей. Во-вторых, актин может соединяться с миозиновыми головками, что приводит к образованию между тонкими и толстыми нитями поперечных мостиков, или спаек. Еще один белок тонких нитей – тропомиозин. Третий белок тонких нитей – тропонин.

Мышечное сокращение является сложным механохимическим процессом, в ходе которого происходит преобразование химической энергии АТФ в механическую работу, совершаемую мышцей.

В мышце, находящейся в состоянии покоя, толстые и тонкие нити миофибрилл друг с другом не соединены, так как участки связывания на молекулах актина закрыты молекулами тропомиозина. Мышечное сокращение происходит под воздействием двигательного нервного импульса, представляющего собой волну повышенной мембранной проницаемости, распространяющуюся по нервному волокну. Эта волна повышенной проницаемости передается через нервно-мышечный синапс на Т-систему саркоплазматической сети и в конечном счете достигает цистерн, содержащих ионы кальция в большой концентрации. В результате значительного повышения проницаемости стенки цистерн (это тоже мембрана!) ионы кальция выходят из цистерн и их концентрация в саркоплазме за очень короткое время (около 3 мс) возрастает примерно в 1000 раз. Ионы кальция, находясь в высокой концентрации, присоединяются к белку тонких нитей – тропонину – и меняют его пространственную форму (конформацию). Изменение конформации тропонина, в свою очередь, приводит к тому, что молекулы тропомиозина смещаются вдоль желобка фибриллярного актина, составляющего основу тонких нитей, и освобождают тот участок актиновых молекул, который предназначен для связывания с миозиновыми головками. В результате этого между миозином и актином (т. е. между толстыми и тонкими нитями) возникает поперечный мостик, расположенный под углом 90°. Поскольку в толстые и тонкие нити входит большое число молекул миозина и актина (около 300 в каждую), то между мышечными нитями образуется большое количество поперечных мостиков, или спаек.

Образование связи между актином и миозином сопровождается повышением АТФ-азной активности последнего (т. е. актин действует подобно аллостерическим активаторам ферментов), в результате чего происходит гидролиз АТФ:



За счет энергии, выделяющейся при расщеплении АТФ, миозиновая головка, подобно шарниру или веслу лодки, поворачивается,

и мостик между толстыми и тонкими нитями оказывается под углом 45° , что приводит к скольжению мышечных нитей навстречу друг другу (рис. 4).



Рис. 4. а) образовавшиеся мостики между толстыми и тонкими нитями располагаются под углом 90° ; б) после разворота мостики оказываются под углом 45°

Совершив поворот, мостики между толстыми и тонкими нитями разрываются. АТФ-азная активность миозина вследствие этого резко снижается, и гидролиз АТФ прекращается. Но если двигательный нервный импульс продолжает поступать в мышцу и в саркоплазме сохраняется высокая концентрация ионов кальция, поперечные мостики вновь образуются, АТФ-азная активность миозина возрастает и снова происходит гидролиз новых порций АТФ, дающий энергию для поворота поперечных мостиков с последующим их разрывом. Это ведет к дальнейшему движению толстых и тонких нитей навстречу друг другу и укорочению миофибрилл и мышечного волокна.

В результате многократного образования, поворота и разрыва мостиков мышца может максимально сократиться, при этом тонкие нити наслаиваются друг на друга (иногда могут переплетаться), а толстые нити упираются в Z-пластинку (рис. 5).

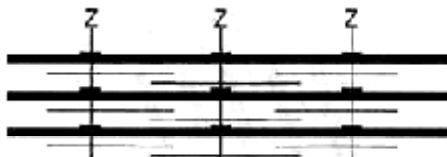


Рис. 5. Схема участка максимально укороченной миофибриллы

Каждый цикл сокращения (образование, поворот и разрыв мостика) требует расходования одной молекулы АТФ в качестве источника энергии. Учитывая, что во всей мышце во время ее сокращения возникает огромное количество поперечных мос-

тиков, затраты АТФ на энергообеспечение мышечной деятельности очень велики.

Расслабление мышц (релаксация) происходит после прекращения поступления двигательного нервного импульса. При этом проницаемость стенки цистерн саркоплазматического ретикулула уменьшается, и ионы кальция под действием кальциевого насоса, использующего энергию АТФ, уходят в цистерны. Их концентрация в саркоплазме быстро снижается до исходного уровня. Снижение концентрации кальция в саркоплазме вызывает изменение конформации тропонина, что приводит к фиксации молекул тропомиозина в определенных участках актиновых нитей и делает невозможным образование поперечных мостиков между толстыми и тонкими нитями. За счет упругих сил, возникающих при мышечном сокращении в коллагеновых нитях, окружающих мышечное волокно, оно при расслаблении возвращается в исходное положение.

Процесс мышечного расслабления, или релаксация, так же как и процесс мышечного сокращения, осуществляется с использованием энергии гидролиза АТФ.

Тема 2.2. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности

Запасов АТФ в мышечных клетках достаточно для мышечной работы в течение 1–2 с. Поэтому для обеспечения мышечной деятельности необходимо пополнение запасов АТФ. Образование АТФ в мышечных клетках во время физической работы называется **ресинтезом АТФ**.

Таким образом, при функционировании мышц в них одновременно протекают два процесса: гидролиз АТФ, дающий необходимую энергию для сокращения и расслабления, и ресинтез АТФ, восполняющий потери этого вещества. Если для обеспечения мышечного сокращения и расслабления используется только химическая энергия АТФ, то для ресинтеза АТФ пригодна химическая энергия самых разнообразных соединений: углеводов, жиров, аминокислот и креатинфосфата.

В зависимости от источника энергии выделяют три основных пути ресинтеза АТФ: **аэробный, креатинфосфатный и лактатный**.

Для количественной характеристики различных путей ресинтеза АТФ обычно используются следующие критерии:

1) **максимальная мощность**, или **максимальная скорость**, — это наибольшее количество АТФ, которое может образоваться в единицу времени за счет данного пути ресинтеза. Измеряется максимальная мощность в калориях или джоулях. Максимальная скорость имеет размерность **кал/мин·кг мышечной ткани** или соответственно **Дж/мин·кг мышечной ткани**;

2) **время развертывания** — это минимальное время, необходимое для выхода ресинтеза АТФ на свою наибольшую скорость, т. е. для достижения максимальной мощности. Измеряется в единицах времени (с, мин);

3) **время сохранения** или **поддержания максимальной мощности** — это наибольшее время функционирования данного пути ресинтеза АТФ с максимальной мощностью. Единицы измерения — с, мин, ч;

4) **метаболическая емкость** — это общее количество АТФ, которое может образоваться во время мышечной работы за счет данного пути ресинтеза АТФ.

В зависимости от потребления кислорода пути ресинтеза делятся на **аэробные** и **анаэробные**.

Аэробный путь ресинтеза АТФ (синонимы: **тканевое дыхание**, **аэробное** или **окислительное фосфорилирование**) — это основной, базовый способ образования АТФ, протекающий в митохондриях мышечных клеток. В ходе тканевого дыхания от окисляемого вещества (углеводы, жиры, аминокислоты) отнимаются два атома водорода (два протона и два электрона) и по дыхательной цепи передаются на молекулярный кислород — O_2 , доставляемый кровью в мышцы из воздуха, в результате чего возникает вода. За счет энергии, выделяющейся при образовании воды, происходит синтез АТФ из АДФ и фосфорной кислоты. Обычно на каждую образовавшуюся молекулу воды приходится синтез трех молекул АТФ.

Скорость аэробного пути ресинтеза АТФ контролируется содержанием в мышечных клетках АДФ, который является активатором ферментов тканевого дыхания. В состоянии покоя, когда в клетках почти нет АДФ, тканевое дыхание протекает с очень низкой скоростью. При мышечной работе за счет интенсивного использования

АТФ происходит образование и накопление АДФ. Появившийся избыток АДФ ускоряет тканевое дыхание, и оно может достигнуть максимальной интенсивности.

Другим активатором аэробного пути ресинтеза АТФ является CO_2 . Возникающий при физической работе в избытке углекислый газ активирует дыхательный центр мозга, что в итоге приводит к повышению скорости кровообращения и улучшению снабжения мышц кислородом.

Аэробный путь образования АТФ характеризуется следующими критериями.

Максимальная мощность составляет 350–450 кал/мин·кг. По сравнению с анаэробными путями ресинтеза АТФ тканевое дыхание обладает самой низкой величиной максимальной мощности. Это обусловлено тем, что возможности аэробного процесса ограничены доставкой кислорода в митохондрии и их количеством в мышечных клетках. Поэтому за счет аэробного пути ресинтеза АТФ возможно выполнение физических нагрузок только умеренной мощности.

Время разворачивания – 3–4 мин (у хорошо тренированных спортсменов около 1 мин). Такое большое время разворачивания объясняется тем, что для обеспечения максимальной скорости тканевого дыхания необходима перестройка всех систем организма, участвующих в доставке кислорода в митохондрии мышц.

Время работы с максимальной мощностью составляет десятки минут. Как уже указывалось, источниками энергии для аэробного ресинтеза АТФ являются углеводы, жиры и аминокислоты, распад которых завершается циклом Кребса. Причем для этой цели используются не только внутримышечные запасы данных веществ, но и углеводы, жиры, кетонные тела и аминокислоты, доставляемые кровью в мышцы во время физической работы. В связи с этим данный путь ресинтеза АТФ функционирует с максимальной мощностью в течение такого продолжительного времени.

По сравнению с другими идущими в мышечных клетках процессами ресинтеза АТФ аэробный ресинтез имеет ряд преимуществ. Он отличается высокой экономичностью: в ходе этого процесса идет глубокий распад окисляемых веществ до конечных продуктов – CO_2 и H_2O и поэтому выделяется большое количество энергии. Так, на-

пример, при аэробном окислении мышечного гликогена образуется 39 молекул АТФ в расчете на каждую отщепляемую от гликогена молекулу глюкозы, в то время как при анаэробном распаде этого углевода (гликолиз) синтезируется только три молекулы АТФ в расчете на одну молекулу глюкозы. Другим достоинством этого пути ресинтеза является универсальность в использовании субстратов. В ходе аэробного ресинтеза АТФ окисляются все основные органические вещества организма: аминокислоты (белки), углеводы, жирные кислоты, кетонные тела и др. Еще одним преимуществом этого способа образования АТФ является очень большая продолжительность его работы: практически он функционирует постоянно в течение всей жизни. В покое скорость аэробного ресинтеза АТФ низкая, при физических нагрузках его мощность может стать максимальной.

Аэробный способ образования АТФ имеет и ряд недостатков. Действие этого способа связано с потреблением кислорода, доставка которого в мышцы обеспечивается кардиореспираторной системой. Функциональное состояние кардиореспираторной системы является лимитирующим фактором, ограничивающим продолжительность работы аэробного пути ресинтеза АТФ с максимальной мощностью и величину самой максимальной мощности. Возможности аэробного пути ограничены еще и тем, что все ферменты тканевого дыхания встроены во внутреннюю мембрану митохондрий в форме **дыхательных ансамблей** и функционируют только при наличии неповрежденной мембраны. Любые факторы, влияющие на состояние и свойства мембран, нарушают образование АТФ аэробным способом. Еще одним недостатком аэробного образования АТФ можно считать большое время разворачивания (3–4 мин) и небольшую по абсолютной величине максимальную мощность. Поэтому мышечная деятельность, свойственная большинству видов спорта, не может быть полностью обеспечена этим путем ресинтеза АТФ и мышцы вынуждены дополнительно включать анаэробные способы образования АТФ, имеющие более короткое время разворачивания и большую максимальную мощность.

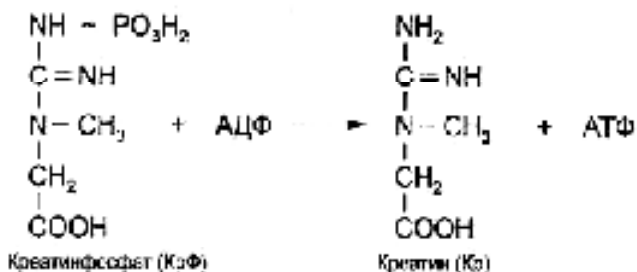
Для оценки аэробного фосфорилирования используются следующие показатели: **максимальное потребление кислорода (МПК)**,

порог аэробного обмена (ПАО), порог анаэробного обмена (ПАНО) и кислородный приход.

Под влиянием систематических тренировок, направленных на развитие аэробной работоспособности, в миоцитах возрастает количество митохондрий, увеличивается их размер, в них становится больше ферментов тканевого дыхания. Одновременно происходит совершенствование кислородтранспортной функции: повышается содержание миоглобина в мышечных клетках и гемоглобина в крови, возрастает работоспособность дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма.

Анаэробные пути ресинтеза АТФ (креатинфосфатный, гликолитический) являются дополнительными способами образования АТФ в тех случаях, когда основной путь получения АТФ – аэробный – не может обеспечить мышечную деятельность необходимым количеством энергии. Это бывает на первых минутах любой работы, когда тканевое дыхание еще полностью не развернулось, а также при выполнении физических нагрузок высокой мощности.

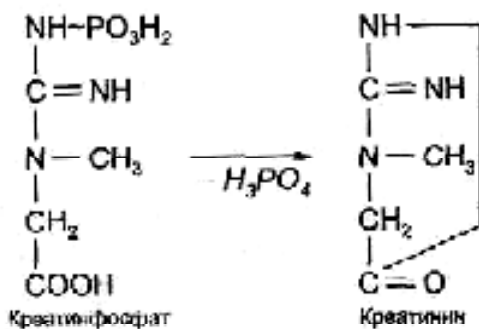
Креатинфосфатный (креатинкиназный, алактатный) путь ресинтеза АТФ осуществляется следующим образом. В мышечных клетках всегда имеется креатинфосфат – соединение, содержащее фосфатную группу, связанную с остатком креатина макроэргической связью. Креатинфосфат обладает большим запасом энергии и высоким сродством к АДФ. Поэтому он легко вступает во взаимодействие с молекулами АДФ, появляющимися в мышечных клетках при физической работе в результате гидролиза АТФ. В ходе этой реакции остаток фосфорной кислоты с запасом энергии переносится с креатинфосфата на молекулу АДФ с образованием креатина и АТФ:



Эта реакция катализируется ферментом креатинкиназой. В связи с этим данный путь ресинтеза АТФ еще называется креатинкиназным. Креатинфосфатная реакция обратима, но ее равновесие смещено в сторону образования АТФ, и поэтому она начинает осуществляться сразу же, как только в миоцитах появляются первые порции АДФ.

При мышечной работе активность креатинкиназы значительно возрастает за счет активирующего воздействия на неё ионов кальция, концентрация которых в саркоплазме под действием нервного импульса увеличивается. Другой механизм регуляции креатинфосфатной реакции связан с активирующим воздействием на креатиназу креатина, образующегося в ходе данной реакции. За счет этих механизмов активность креатинкиназы в начале мышечной работы резко увеличивается и креатинфосфатная реакция очень быстро достигает максимальной скорости.

Креатинфосфат, обладая большим запасом химической энергии, является веществом непрочным. От него легко может отщепляться фосфорная кислота, в результате чего происходит циклизация остатка креатина, приводящая к образованию креатинина:



Образование креатинина происходит без участия ферментов, спонтанно. Эта реакция необратима. Образовавшийся креатинин в организме не используется и выводится с мочой. Поэтому по выделению креатинина с мочой можно судить о содержании креатинфосфата в мышцах, так как в них находятся основные запасы этого соединения. Синтез креатинфосфата в мышечных клетках происходит во время отдыха путем взаимодействия креатина с избытком АТФ:



Частично запасы креатинфосфата могут восстанавливаться и при мышечной работе умеренной мощности, при которой АТФ синтезируется за счет тканевого дыхания в таком количестве, которого хватает и на обеспечение сократительной функции миоцитов, и на восполнение запасов креатинфосфата. Поэтому во время выполнения физической работы креатинфосфатная реакция может включаться многократно. Запасы АТФ и креатинфосфата часто обозначают термином **фосфагены**.

Образование креатина происходит в печени с использованием трех аминокислот: **глицина, метионина и аргинина**. Поэтому для повышения в мышцах концентрации креатинфосфата используют в качестве пищевых добавок глицин и метионин.

Креатинфосфатный путь ресинтеза АТФ характеризуется следующими количественными критериями.

Максимальная мощность в три раза выше соответствующего показателя для аэробного ресинтеза. Такая большая величина обусловлена высокой активностью фермента креатинкиназы и, следовательно, очень высокой скоростью креатинфосфатной реакции.

Время развертывания — всего 1–2 с.

Время работы с максимальной скоростью — всего лишь 8–10 с, что связано с небольшими исходными запасами креатинфосфата в мышцах. Главными преимуществами креатинфосфатного пути образования АТФ являются очень малое время развертывания и высокая мощность, что имеет крайне важное значение для скоростно-силовых видов спорта. Главным недостатком этого способа синтеза АТФ, существенно ограничивающим его возможности, является короткое время его функционирования. Время поддержания максимальной скорости всего 8–10 с, к концу 30-й секунды его скорость снижается вдвое. А к концу третьей минуты интенсивной работы креатинфосфатная реакция в мышцах практически прекращается.

Исходя из такой характеристики креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ, следует ожидать, что эта реакция окажется главным источником энергии для обеспечения кратковременных упражнений максимальной мощности: бег на короткие дистанции, прыжки, метания, подъем штанги и т. п. Креатинфосфатная реакция может неоднократно включаться во время выполнения физических нагрузок,

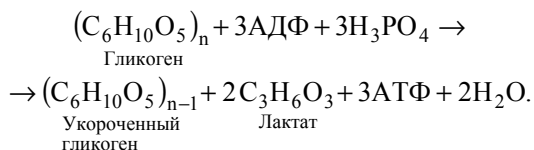
что делает возможным быстрое повышение мощности выполняемой работы, развития ускорения на дистанции и финишный рывок.

Биохимическая оценка состояния креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ обычно проводится по двум показателям: креатининовому коэффициенту и алактатному кислородному долгу.

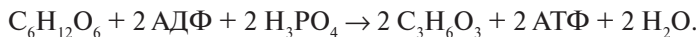
В результате систематических тренировок, направленных на развитие скоростно-силовых качеств, в мышцах увеличивается концентрация креатинфосфата и повышается активность креатинкиназы, что находит отражение в росте величины алактатного кислородного долга и суточного выделения креатинина.

Гликолитический (гликолиз, лактатный) путь ресинтеза АТФ относится к анаэробным способам образования АТФ. Источником энергии, необходимой для ресинтеза АТФ, в данном случае является мышечный гликоген, концентрация которого колеблется в пределах 0,2–3%. При анаэробном распаде гликогена от его молекулы под воздействием фермента фосфорилазы поочередно отщепляются концевые остатки глюкозы в форме глюкозо-1-фосфата. Далее молекулы глюкозо-1-фосфата через ряд последовательных стадий (их всего 10) превращаются в **молочную кислоту (лактат)**, которая по своему химическому составу является как бы половинкой молекулы глюкозы. В процессе анаэробного распада гликогена до молочной кислоты, называемого **гликолизом**, образуются промежуточные продукты, содержащие фосфатную группу с макроэргической связью, которая легко переносится на АДФ с образованием АТФ.

Итоговое уравнение анаэробного расщепления гликогена (гликолиза) имеет следующий вид:



Гликолизу может также подвергаться глюкоза, поступающая в мышцы из кровяного русла. Анаэробный распад глюкозы протекает по уравнению:



Регуляция скорости гликолиза осуществляется путем изменения активности двух ферментов: **фосфорилазы** и **фосфофруктокиназы**.

Фосфоорилаза активируется адреналином, АМФ и ионами кальция, а ингибируется глюкозо-6-фосфатом и избытком АТФ. Вторым регуляторным ферментом гликолиза — фосфофруктокиназой — активируется АДФ и особенно АМФ, а тормозится избытком АТФ и лимонной кислотой (лимонная кислота — промежуточный метаболит цикла трикарбоновых кислот). В покое гликолиз протекает очень медленно, при интенсивной мышечной работе его скорость резко возрастает и может увеличиваться по сравнению с уровнем покоя почти в 2000 раз, причём повышение скорости гликолиза может наблюдаться уже в предстартовом состоянии за счёт выделения **адреналина**.

Количественные критерии гликолитического пути ресинтеза АТФ следующие.

Максимальная мощность — примерно вдвое выше соответствующего показателя тканевого дыхания. Высокое значение максимальной мощности гликолиза объясняется содержанием в мышечных клетках большого запаса гликогена, наличием механизмов активации ключевых ферментов, приводящих к значительному росту скорости гликолиза (в 2000 раз!), отсутствием потребности в кислороде.

Время развёртывания — 20–30 с. Это обусловлено тем, что все участники гликолиза (гликоген и ферменты) находятся в саркоплазме миоцитов, а также возможностью активации ферментов гликолиза.

Время работы с максимальной мощностью — 2–3 мин. Это обусловлено тем, что гликолиз протекает с высокой скоростью, что быстро приводит к уменьшению в мышцах концентрации гликогена. Во-вторых, в процессе гликолиза образуется молочная кислота (лактат), накопление которой приводит к повышению кислотности внутри мышечных клеток. В условиях повышенной кислотности снижается каталитическая активность ферментов, что ведёт к уменьшению скорости этого пути ресинтеза АТФ.

Гликолитический способ образования АТФ имеет ряд преимуществ перед аэробным путём. Он быстрее выходит на максимальную мощность (за 20–30 с, в то время как аэробный путь — за 3–4 мин), имеет более высокую величину максимальной мощности (в 2 раза больше, чем у тканевого дыхания) и не требует участия митохондрий и кислорода. Однако у этого пути есть и существенные недостатки.

Этот процесс малоэкономичен. Распад до лактата одного остатка глюкозы, отщепленного от гликогена, дает только **3 молекулы АТФ**, тогда как при аэробном окислении гликогена до воды и углекислого газа образуется **39 молекул АТФ** в расчете на один остаток глюкозы. Такая неэкономичность в сочетании с большой скоростью быстро приводит к исчерпанию запасов гликогена. Другой серьезный недостаток гликолитического пути ресинтеза АТФ — образование и накопление лактата, являющегося конечным продуктом этого процесса. Повышение концентрации лактата в мышечных волокнах вызывает сдвиг рН в кислую сторону, при этом происходят конформационные изменения мышечных белков, приводящие к снижению их функциональной активности. Таким образом, накопление молочной кислоты в мышечных клетках существенно нарушает их нормальное функционирование и ведет к развитию **утомления**.

При снижении интенсивности физической работы, а также в промежутках отдыха во время тренировки образовавшийся лактат может частично выходить из мышечных клеток в лимфу или кровь, что делает возможным повторное включение гликолиза.

Биохимические методы оценки и пользования при физической работе гликолитического пути ресинтеза АТФ основаны на оценке биохимических сдвигов в организме, обусловленных накоплением молочной кислоты. Это прежде всего определение после физической нагрузки концентрации **лактата** в крови.

Другим показателем, отражающим накопление в кровяном русле молочной кислоты, является **водородный показатель крови (рН)**. Еще один метод оценки скорости гликолиза — это определение щелочного резерва крови.

Оценить вклад гликолиза в энергообеспечение выполненной физической работы можно также путем **определения лактата в моче**.

В результате систематических тренировок с использованием субмаксимальных нагрузок в мышечных клетках повышается концентрация гликогена и увеличивается активность ферментов гликолиза. У высокотренированных спортсменов наблюдается развитие резистентности (нечувствительности) тканей и крови к снижению рН, и поэтому они сравнительно легко переносят сдвиг водородного показателя крови.

При любой мышечной работе функционируют все три пути ресинтеза АТФ, но включаются они последовательно (рис. 6).

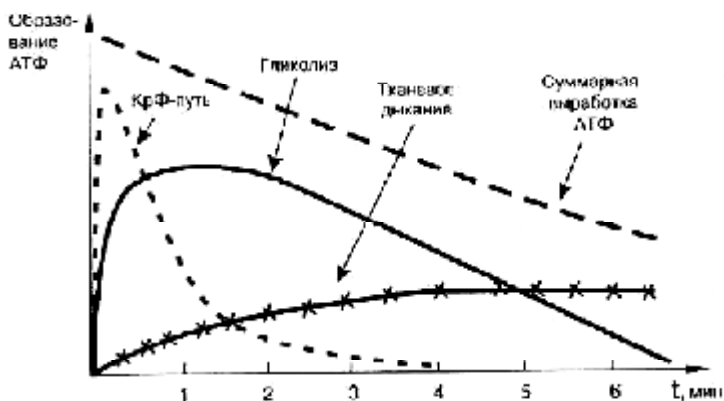


Рис. 6. Включение путей ресинтеза АТФ при выполнении физической работы

В первые секунды работы ресинтез АТФ идет за счет креатинфосфатной реакции, затем включается гликолиз и, наконец, по мере продолжения работы на смену гликолизу приходит тканевое дыхание. Конкретный вклад каждого из механизмов образования АТФ в энергообеспечение мышечных движений зависит от интенсивности и продолжительности физических нагрузок. При кратковременной, но очень интенсивной работе (например, бег на 100 м) главным источником АТФ является креатинкиназная реакция. При более продолжительной интенсивной работе (например, бег на средние дистанции) большая часть АТФ образуется гликолитическим путем. При выполнении упражнений большой продолжительности, но умеренной мощности энергообеспечение мышц осуществляется в основном за счет аэробного окисления.

Выделяют четыре зоны относительной мощности мышечной работы: максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощности.

Работа в зоне **максимальной мощности** может продолжаться в течение 15–20 с. Основной источник АТФ в этих условиях — креатинфосфат. Только в конце работы креатинфосфатная реакция замещается гликолизом. Примером физических упражнений, выпол-

няемых в зоне максимальной мощности, является бег на короткие дистанции, прыжки в длину и высоту, подъем штанги.

Работа в зоне **субмаксимальной мощности** имеет продолжительность 5 мин. Ведущий механизм ресинтеза АТФ – гликолитический. В начале работы, пока гликолиз не достиг максимальной скорости, образование АТФ идет за счет креатинфосфата, а в конце работы гликолиз начинает заменяться тканевым дыханием. Работа в зоне субмаксимальной мощности характеризуется самым высоким кислородным долгом – 20 л. Примером физических нагрузок в этой зоне мощности является бег на средние дистанции, плавание на короткие дистанции, велосипедные гонки на треке, бег на коньках на спринтерские дистанции.

Работа в зоне **большой мощности** имеет предельную продолжительность до 30 мин. Для работы в этой зоне характерен примерно одинаковый вклад гликолиза и тканевого дыхания. Креатинфосфатный путь ресинтеза АТФ функционирует только в самом начале работы, и поэтому его доля в общем энергообеспечении данной работы мала. Примером упражнений в этой зоне мощности является бег на 5000 м, бег на коньках на стайерские дистанции, лыжные гонки по пересеченной местности, плавание на средние и длинные дистанции.

Работа в зоне **умеренной мощности** продолжается свыше 30 мин. Энергообеспечение мышечной деятельности происходит преимущественно аэробным путем. Примером работы такой мощности является марафонский бег, легкоатлетический кросс, спортивная ходьба, шоссейные велогонки, лыжные гонки на длинные дистанции, турпоходы и др.

В ациклических и ситуационных видах спорта (единоборства, гимнастические упражнения, спортивные игры) мощность выполняемой работы многократно изменяется. Так, у футболиста бег с умеренной скоростью (зона большой мощности) чередуется с бегом на короткие дистанции со спринтерской скоростью (зона максимальной или субмаксимальной мощности); можно найти и такие отрезки игры, когда мощность работы значительно снижается (зона умеренной мощности).

В ряде спортивных дисциплин все же преобладают физические нагрузки, относящиеся к какой-то определенной зоне мощности.

Так, физическая работа лыжников обычно выполняется с большой или умеренной мощностью, а в тяжелой атлетике используются максимальные и субмаксимальные нагрузки.

Поэтому при подготовке спортсменов необходимо применять нагрузки, развивающие путь ресинтеза АТФ, являющийся ведущим в энергообеспечении работы в зоне относительной мощности, характерной для данного вида спорта.

Тема 2.3. Биохимические изменения в организме при мышечной деятельности

Любая физическая работа сопровождается биохимическими сдвигами в работающих мышцах, во внутренних органах и в крови. При выполнении физической нагрузки в организме повышается скорость катаболических процессов, сопровождающихся выделением энергии и синтезом АТФ, при одновременном снижении скорости анаболизма. Такое изменение направленности метаболизма приводит к улучшению энергообеспечения работающих мышц, к повышению мощности и продолжительности работы. Перестройка метаболизма во время мышечной деятельности происходит под воздействием нервно-гормональной регуляции.

При мышечной работе повышается тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы, иннервирующей внутренние органы и мышцы. В легких под влиянием симпатических импульсов повышается частота дыхания и происходит расширение бронхов. В результате увеличивается легочная вентиляция, что приводит к улучшению обеспечения организма кислородом. Под влиянием симпатической нервной системы также повышается частота сердечных сокращений, следствием чего является увеличение скорости кровотока и улучшение снабжения органов, в первую очередь мышц, кислородом и питательными веществами. Этому также способствует расширение кровеносных сосудов в мышцах под воздействием симпатических импульсов. Важное значение для осуществления мышечной работы имеет и усиление потоотделения, вызываемое симпатической нервной системой. Такое влияние направлено на освобождение организма от избыточной тепловой энергии. Под действием симпатической нервной системы сни-

жается кровоснабжение почек, что ведет к уменьшению диуреза. В кишечнике замедляется перистальтика и вследствие снижения скорости кровообращения ухудшается всасывание продуктов переваривания. Эти изменения благоприятны для мышечной деятельности, поскольку функционирование почек и кишечника потребляет много энергии. В жировой ткани импульсы симпатической нервной системы вызывают повышение проницаемости клеточных мембран, что приводит к мобилизации жира, т. е. к выходу жира из жировых депо в кровь с последующим повышением его концентрации в плазме крови. Поскольку жир обладает большим запасом энергии, увеличение его содержания в крови следует рассматривать как благоприятное изменение, направленное на повышение энергообеспечения мышц.

Очень важную роль в перестройке организма во время мышечной работы выполняют гормоны. Наибольший вклад в биохимическую перестройку организма вносят гормоны надпочечников. Мозговой слой надпочечников вырабатывает два гормона — **адреналин** и **норадреналин**. Оба гормона часто объединяют общим термином **катехоламины**. Выделение гормонов мозгового слоя в кровь происходит при различных эмоциях, и поэтому адреналин называют гормоном эмоций или гормоном стресса. У животных стресс является первой реакцией организма на какую-либо опасность, которая затем устраняется, как правило, за счет мышечных усилий. Отсюда вытекает биологическая роль адреналина — создание оптимальных условий для выполнения мышечной работы большой мощности и продолжительности путем воздействия на метаболизм.

Механизмы действия адреналина и норадреналина близки. Биологические эффекты, вызываемые катехоламинами, сходны с действием симпатической нервной системы. Это объясняется тем, что в окончаниях симпатических нервов в качестве медиатора выделяется норадреналин. Попадая в легкие, катехоламины дублируют действие симпатических импульсов. Они также вызывают повышение частоты дыхания и расширение бронхов, что приводит к увеличению легочной вентиляции и улучшению снабжения организма кислородом. Под влиянием адреналина значительно повышается частота сердечных сокращений, а также увеличивает-

ся их сила, что способствует еще большему возрастанию скорости кровообращения. Под влиянием адреналина расширяются кровеносные сосуды органов, участвующих в обеспечении мышечной деятельности (скелетные мышцы, мозг, миокард, легкие, печень), и одновременно суживаются сосуды органов, не принимающих прямого участия в обеспечении функционирования мышц (почки, желудочно-кишечный тракт, кожа). В результате такого воздействия значительно улучшается кровоснабжение мышц и внутренних органов, имеющих отношение к выполнению мышечной работы. В печени под влиянием адреналина ускоряется распад гликогена до глюкозы, которая затем выходит в кровь. В результате возникает эмоциональная **гипергликемия** (повышенное содержание глюкозы в крови), способствующая лучшему обеспечению глюкозой как источником энергии функционирующих органов. У спортсменов гипергликемия может возникать еще до начала мышечной работы, в предстартовом состоянии. В жировой ткани катехоламины активируют фермент липазу, что приводит к ускорению расщепления **жира на глицерин и жирные кислоты**. Образовавшиеся продукты распада жира сравнительно легко попадают в печень, скелетные мышцы и миокард. В скелетных мышцах и миокарде глицерин и жирные кислоты используются в качестве источника энергии. В печени из глицерина может синтезироваться глюкоза (глюконеогенез), а жирные кислоты превращаются в кетоновые тела (кетогенез).

Очень важной мишенью катехоламинов являются скелетные мышцы. Под действием адреналина в мышцах усиливается распад **гликогена**. Гликоген превращается либо в **молочную кислоту** (при интенсивной работе), либо в **углекислый газ и воду** (при работе умеренной мощности). В любом случае за счет ускоренного расщепления гликогена улучшается энергообеспечение мышечной работы. Корковый слой надпочечников продуцирует гормоны **кортикостероиды**. По действию кортикостероиды делятся на **глюкокортикоиды** и **минералокортикоиды**. Во время выполнения физических нагрузок большее значение имеют глюкокортикоиды, главными являются **кортизол, кортизон и кортикостерон**. Глюкокортикоиды тормозят любое использование глюкозы клетками организма, что приводит к накоплению её в крови. Глюкокортикоиды тормозят анаболичес-

кие процессы, в первую очередь синтез белков. Торможение синтеза белков во время выполнения физических нагрузок позволяет улучшить энергообеспечение мышечной деятельности. Глюкокортикоиды стимулируют процессы глюконеогенеза — синтеза глюкозы из углеводов. Во время мышечной работы глюконеогенез протекает в печени. Обычно глюкоза синтезируется из аминокислот, глицерина и молочной кислоты. С помощью этого процесса удается поддерживать в крови необходимую концентрацию глюкозы, что очень важно для питания мозга.

При выполнении физической работы в мышцах происходят глубокие биохимические изменения, обусловленные прежде всего интенсификацией процессов ресинтеза АТФ. Использование **креатинфосфата** (КрФ) в качестве источника энергии приводит к снижению его концентрации в мышечных клетках и накоплению в них **креатина** (Кр). При любой работе для получения АТФ используется мышечный **гликоген**. Поэтому его концентрация в мышцах снижается независимо от характера работы. При выполнении интенсивных нагрузок в мышцах наблюдается быстрое уменьшение запасов гликогена и одновременное образование и накопление молочной кислоты. За счет накопления молочной кислоты (это довольно сильная кислота!) повышается кислотность внутри мышечных клеток (рН снижается). Увеличение содержания лактата в мышечных клетках вызывает также повышение в них осмотического давления, вследствие чего в миоциты из капилляров и межклеточных пространств поступает вода и развивается набухание мышц (в спортивной практике это явление нередко называют «забитостью» мышц).

Продолжительная мышечная работа небольшой мощности вызывает плавное снижение концентрации гликогена в мышцах. В данном случае распад гликогена протекает аэробно, с потреблением кислорода. Конечные продукты такого распада — углекислый газ и вода — удаляются из мышечных клеток в кровь. Поэтому после выполнения работы умеренной мощности в мышцах обнаруживается уменьшение содержания гликогена без накопления лактата.

Еще одно важное изменение, возникающее в работающих мышцах, — повышение скорости распада белков. Особенно ускоряется распад белков при выполнении силовых упражнений, причем

это затрагивает в первую очередь сократительные белки, входящие в состав миофибрилл. Вследствие распада белков в мышечных клетках повышается содержание свободных аминокислот и продуктов их последующего расщепления — кетокислот и аммиака.

Другим характерным изменением, вызываемым мышечной деятельностью, является снижение активности ферментов мышечных клеток. Одной из причин уменьшения ферментативной активности может быть повышенная кислотность, вызванная накоплением в мышцах лактата.

Мышечная деятельность может привести к повреждениям внутриклеточных структур — миофибрилл, митохондрий, разнообразных биомембран. Так, повреждение мембран саркоплазматического ретикулаума ведет к нарушению проведения нервного импульса к цистернам, содержащим ионы кальция. Нарушение целостности сарколеммы (оболочки мышечных клеток) сопровождается потерей мышцами многих важных веществ, в том числе ферментов, которые через поврежденную сарколемму уходят из мышечных клеток в лимфу и кровь.

Повреждение мембран также негативно влияет на активность иммобилизованных ферментов, т. е. ферментов, встроенных в мембраны. Эти ферменты могут полноценно функционировать только при наличии неповрежденной, целостной мембраны. Например, при мышечной работе может снижаться активность кальциевого насоса — фермента, встроенного в мембрану цистерн и обеспечивающего транспорт ионов кальция из саркоплазмы внутрь цистерн. Другой пример: при продолжительной физической работе уменьшается активность ферментов тканевого дыхания, локализованных во внутренней мембране митохондрий.

Во время мышечной деятельности в мотонейронах коры головного мозга происходит формирование и последующая передача двигательного нервного импульса. Оба эти процесса — формирование и передача нервного импульса — осуществляются с потреблением энергии молекул АТФ. Образование АТФ в нервных клетках происходит аэробно, путем окислительного фосфорилирования. Поэтому при мышечной работе увеличивается потребление мозгом кислорода из протекающей крови. Другой особенностью энергети-

ческого обмена в нейронах является то, что основным субстратом окисления является глюкоза, поступающая с током крови.

В связи с такой спецификой энергоснабжения нервных клеток любое нарушение снабжения мозга кислородом или глюкозой неминуемо ведет к снижению его функциональной активности, что у спортсменов может проявляться в форме головокружения или обморочного состояния.

Во время мышечной деятельности происходит усиление и учащение сердечных сокращений, что требует большего количества энергии по сравнению с состоянием покоя. Однако энергообеспечение **сердечной мышцы** осуществляется главным образом за счет аэробного ресинтеза АТФ. Анаэробные пути ресинтеза АТФ включаются лишь при очень интенсивной работе (ЧСС более 200 уд./мин).

Большие возможности аэробного энергообеспечения в миокарде обусловлены особенностью строения этой мышцы. В отличие от скелетных мышц в сердечной имеется более развитая, густая сеть капилляров, что позволяет извлекать из протекающей крови больше кислорода и субстратов окисления. Кроме того, в клетках миокарда имеется больше митохондрий, содержащих ферменты тканевого дыхания. В качестве источников энергии миокард использует различные вещества, доставляемые кровью: глюкозу, жирные кислоты, кетонные тела, глицерин. Собственные запасы гликогена практически не используются; они необходимы для энергообеспечения миокарда при истощающих нагрузках.

Во время интенсивной работы, сопровождающейся увеличением концентрации лактата в крови, миокард извлекает из крови лактат и окисляет его до углекислого газа и воды. При окислении одной молекулы молочной кислоты синтезируется до 18 молекул АТФ. Способность миокарда окислять лактат имеет большое биологическое значение. Использование лактата в качестве источника энергии позволяет дольше поддерживать в крови необходимую концентрацию глюкозы, что очень существенно для биоэнергетики нервных клеток, для которых глюкоза является почти единственным субстратом окисления. Окисление лактата в сердечной мышце также способствует нормализации кислотно-щелочного баланса, так как при этом в крови снижается концентрация этой кислоты.

При мышечной деятельности активируются функции печени, направленные преимущественно на улучшение обеспечения работающих мышц внемышечными источниками энергии, переносимыми кровью. Под воздействием адреналина повышается скорость глюкогенеза – распада гликогена с образованием свободной глюкозы. Образовавшаяся глюкоза выходит из клеток печени в кровь, что приводит к возрастанию ее концентрации в крови – к гипергликемии. При этом снижается содержание гликогена. Наиболее высокая скорость глюкогенеза в печени отмечается в начале работы, когда запасы гликогена еще высоки. Во время выполнения физических нагрузок клетки печени активно извлекают из крови жир и жирные кислоты, содержание которых в крови возрастает вследствие мобилизации жира из жировых депо. Поступающий в печеночные клетки жир сразу же подвергается гидролизу и превращается в глицерин и жирные кислоты. Далее жирные кислоты путем окисления расщепляются до ацетил-КоА, из которого затем образуются кетоновые тела – ацетоуксусная и β -оксимасляная кислоты. Синтез кетоновых тел обычно называется кетогенезом. Кетоновые тела являются важными источниками энергии. С током крови они переносятся из печени в работающие органы – миокард и скелетные мышцы. В этих органах кетоновые тела вновь превращаются в ацетил-КоА, который сразу же аэробно окисляется до углекислого газа и воды с выделением большого количества энергии. Еще один биохимический процесс, протекающий в печени во время работы, – глюконеогенез. Уже отмечалось, что этот процесс инициируется глюкокортикоидами. За счет глюконеогенеза в клетках печени из глицерина, аминокислот и лактата осуществляется синтез глюкозы. Этот процесс идет с затратой энергии АТФ. Обычно глюконеогенез протекает при длительной работе, ведущей к снижению концентрации глюкозы в кровяном русле. Благодаря глюконеогенезу организму удастся поддерживать в крови необходимый уровень глюкозы. При физической работе усиливается распад мышечных белков, приводящий к образованию свободных аминокислот, которые далее дезаминируются, выделяя NH_3 . Аммиак является клеточным ядом, его обезвреживание происходит в печени, где он превращается в мочевины. Синтез мочевины требует значительного количества энергии.

При истощающих нагрузках, не соответствующих функциональному состоянию организма, печень может не справиться с обезвреживанием аммиака, в этом случае возникает интоксикация организма этим ядом, ведущая к снижению работоспособности.

Изменение химического состава крови является отражением тех биохимических сдвигов, которые возникают при мышечной деятельности в различных внутренних органах, скелетных мышцах и миокарде. Поэтому на основании анализа химического состава крови можно оценить биохимические процессы, протекающие во время работы. Это имеет большое практическое значение, так как из всех тканей организма кровь наиболее доступна для исследования.

Биохимические сдвиги, наблюдаемые в крови, в значительной мере зависят от характера работы, и поэтому их анализ следует проводить с учётом мощности и продолжительности выполненных нагрузок.

При выполнении мышечной работы в крови чаще всего обнаруживаются следующие изменения.

1. Повышение концентрации белков в плазме крови.
2. Изменение концентрации глюкозы в крови во время работы характеризуется фазностью. В начале работы обычно уровень глюкозы в крови возрастает. Это объясняется тем, что в начале работы в печени имеются большие запасы гликогена и глюконеогенез протекает с высокой скоростью. С другой стороны, в начале работы мышцы тоже обладают значительными запасами гликогена, которые они используют для своего энергообеспечения, и поэтому не извлекают глюкозу из кровяного русла. По мере выполнения работы снижается содержание гликогена как в печени, так и в мышцах. В связи с этим печень направляет все меньше и меньше глюкозы в кровь, а мышцы, наоборот, начинают в большей мере использовать глюкозу крови для получения энергии. При длительной работе часто наблюдается снижение концентрации глюкозы в крови (гипогликемия), что обусловлено истощением запасов гликогена и в печени, и в мышцах.
3. Повышение концентрации лактата в крови наблюдается практически при любой спортивной деятельности, однако степень возрастания концентрации лактата в значительной мере зависит от характера выполненной работы и тренированности спортсме-

на. Наибольший подъем уровня лактата в крови отмечается при выполнении физических нагрузок в зоне субмаксимальной мощности, так как в этом случае главным источником энергии для работающих мышц является анаэробный гликолиз, приводящий к образованию и накоплению молочной кислоты.

4. Водородный показатель (рН). Образующийся при интенсивной работе лактат является сильной кислотой и его поступление в кровь должно сопровождаться повышением кислотности крови.

5. Повышение концентрации свободных жирных кислот и кетонных тел наблюдается при длительной мышечной работе вследствие мобилизации жира из жировых депо и последующего кетогенеза в печени. Увеличение концентрации кетонных тел (ацетоуксусная и β -оксимасляная кислоты) также вызывает повышение кислотности и снижение рН крови.

6. Мочевина. При кратковременной работе концентрация мочевины в крови увеличивается незначительно, а при длительной физической работе уровень мочевины в крови может возрасти в 4–5 раз. Причиной увеличения содержания мочевины в крови является усиление катаболизма белков под воздействием физических нагрузок, особенно силового характера. Распад белков, в свою очередь, ведет к накоплению свободных аминокислот, при распаде которых образуется в большом количестве аммиак. В печени большая часть образовавшегося аммиака превращается в мочевину.

Выполнение физических нагрузок приводит также к значительным сдвигам в химическом составе мочи и существенно влияет на ее физико-химические свойства.

После завершения мышечной работы наиболее характерным является появление в моче химических веществ, которые в покое практически отсутствуют. Эти соединения часто называют патологическими компонентами, так как они появляются в моче не только после физических нагрузок, но и при ряде заболеваний. У спортсменов после выполнения тренировочных или соревновательных нагрузок в моче обнаруживаются следующие патологические компоненты.

1. Белок. У здорового человека, не занимающегося спортом, в сутки выделяется не более 100 мг белка. Поэтому в порциях мочи, взятых для анализа до тренировки, обычными методами белок не

обнаруживается. После выполнения мышечной работы отмечается значительное выделение с мочой белка. Это явление носит название **протеинурия**.

2. Глюкоза. В порциях мочи, полученных до выполнения физической нагрузки, глюкоза практически отсутствует. После завершения тренировки в моче спортсменов общепринятыми методиками нередко обнаруживается значительное содержание глюкозы (**глюкозурия**).

3. Кетоновые тела. До работы кетоновые тела в моче не обнаруживаются. После соревновательных или тренировочных нагрузок с мочой могут выделяться в больших количествах кетоновые тела — ацетоуксусная и β -оксимасляная кислоты, а также продукт их распада — ацетон. Это явление называется **кетонурией**, или **ацетонурией**.

4. Лактат. Появление молочной кислоты в моче обычно наблюдается после тренировок, включающих упражнения субмаксимальной мощности. Каждое такое упражнение приводит к резкому возрастанию концентрации лактата в крови и последующему его переходу из кровяного русла в мочу. Таким образом, происходит аккумуляция молочной кислоты в моче. В связи с этим по выделению лактата с мочой можно судить об общем вкладе гликолитического пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение всей работы, выполненной спортсменом за тренировку.

Наряду с влиянием на химический состав физические нагрузки приводят к изменению физико-химических свойств мочи.

Тема 2.4. Биохимические основы утомления

Утомление — это временное снижение работоспособности, вызванное глубокими биохимическими, функциональными и структурными сдвигами, возникающими в ходе выполнения физической работы. Утомление — это защитная реакция, предупреждающая нарастание биохимических и физиологических изменений в организме, которые, достигнув определенной глубины, могут стать опасными для здоровья и для жизни. У спортсменов часто в основе развития утомления лежат следующие биохимические и функциональные сдвиги, вызываемые тренировочными и соревновательными нагрузками.

При возникновении в организме во время мышечной работы биохимических и функциональных сдвигов с различных рецепто-

ров (хеморецепторов, осморорецепторов, проприорецепторов и др.) в центральную нервную систему поступают сигналы. При достижении значительной глубины этих сдвигов в головном мозге **формируется охранительное торможение**, распространяющееся на двигательные центры, иннервирующие скелетные мышцы. В результате в мотонейронах уменьшается выработка двигательных импульсов, что в итоге приводит к снижению физической работоспособности. Снижение функциональной активности мотонейронов наблюдается также при уменьшении образования в них АТФ.

Субъективно охранительное торможение воспринимается как чувство усталости, которое может быть локальным (местным) или общим. Биологическая роль усталости заключается в том, что это чувство сигнализирует на уровне сознания о возникновении в организме неблагоприятных сдвигов, появляющихся при выполнении физической работы в мышцах и во внутренних органах.

Охранительное торможение и, следовательно, усталость могут быть снижены за счет эмоций. Высокий эмоциональный подъем (например, высокая мотивация и сила воли у спортсмена) позволяет организму сохранять высокую работоспособность, несмотря на возникновение и нарастание опасных для жизнедеятельности биохимических и функциональных изменений, которые могут привести к тяжелым последствиям. **Отсутствие эмоционального фона при выполнении монотонной, однообразной работы ускоряет возникновение охранительного торможения.**

На развитие охранительного торможения существенное влияние оказывают различные химические соединения, вводимые в организм извне. Для повышения работоспособности издавна используется кофеин, входящий в состав кофе и чая. Это природное соединение действует очень мягко, и повышение работоспособности происходит в пределах физиологических возможностей организма. Подобным образом на организм влияют природные адаптогены (женьшень, элеутерококк, китайский лимонник, пантокрин и др.). Противоположное действие на организм оказывают седативные средства. Развитие тормозных процессов в ЦНС зависит от возраста. Для детей и пожилых людей характерно раннее наступление усталости и более выраженные явления охранительного торможения.

В обеспечении мышечной деятельности, наряду с нервной системой, активнейшее участие принимает **кардиореспираторная система**. Поэтому снижение работоспособности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, естественно, вносит существенный вклад в развитие утомления. Еще один орган, способствующий мышечной деятельности, — **печень**. В печени во время мышечной работы протекают важные процессы, которые направлены на обеспечение мышц важнейшими источниками энергии: глюкозой и кетонавыми телами. Кроме того, в печени во время мышечной работы осуществляется обезвреживание аммиака путем синтеза мочевины. Поэтому уменьшение функциональной активности этого органа также ведет к снижению работоспособности и развитию утомления. В связи с такой важной ролью печени в обеспечении мышечной деятельности в спортивной практике широкое применение находят гепатопротекторы — фармакологические препараты, улучшающие обменные процессы в печени.

При выполнении физической работы, особенно продолжительной, возможно **снижение функции надпочечников**. В результате уменьшается выделение в кровь гормонов (адреналин, глюкокортикоиды), вызывающих в организме биохимические и функциональные сдвиги, благоприятные для функционирования мышц.

Выполнение физической работы сопровождается большими энергозатратами, и поэтому при мышечной деятельности происходит быстрое истощение энергетических субстратов. Источниками энергии можно считать мышечный креатинфосфат, который может быть почти полностью использован при интенсивной работе, большую часть мышечного и печеночного гликогена, часть запасов жира, находящихся в жировых депо, а также аминокислоты, которые начинают окисляться при очень продолжительных нагрузках. Энергетическим резервом можно также считать способность организма поддерживать в крови во время выполнения физической работы необходимый уровень глюкозы.

Истощение энергетических субстратов, несомненно, ведет к снижению выработки в организме АТФ и уменьшению баланса АТФ/АДФ. Снижение этого показателя в нервной системе приводит к нарушениям формирования и передачи нервных импульсов,

в том числе управляющих скелетной мускулатурой. Уменьшение скорости синтеза АТФ в клетках скелетных мышц и миокарда нарушает сократительную функцию миофибрилл, следствием чего является снижение мощности выполняемой работы.

Для поддержания энергетических ресурсов в организме при выполнении продолжительной работы (например, лыжные гонки, марафонский бег, шоссейные велогонки) организуется питание на дистанции, что позволяет спортсменам длительно сохранять работоспособность.

Обычно молочная кислота в больших количествах образуется в организме при выполнении физических нагрузок субмаксимальной мощности. Накопление лактата в мышечных клетках существенно влияет на их функционирование. В условиях повышенной кислотности, вызванной нарастанием концентрации лактата, снижается сократительная способность белков, участвующих в мышечной деятельности, уменьшается каталитическая активность белков-ферментов. Кроме того, накопление лактата в мышечных клетках ведет к набуханию этих клеток вследствие поступления в них воды, что в итоге уменьшает сократительные возможности мышц.

Для предупреждения возможного негативного воздействия лактата на работоспособность используются различные приемы, способствующие удалению его из работающих мышц.

Тема 2.5. Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы

Во время мышечной работы в организме возникают и нарастают разнообразные биохимические и функциональные сдвиги, приводящие в конечном счете к снижению физической работоспособности и развитию утомления. Устранение этих негативных изменений осуществляется после работы, в процессе восстановления.

Восстановление является важнейшим периодом в подготовке спортсмена, так как именно в это время в организме закладываются основы роста спортивной работоспособности, развития скоростно-силовых качеств и выносливости.

Восстановление условно делится на две фазы: срочное и отставленное.

На этапе **срочного восстановления** устраняются продукты анаэробного обмена, главными из которых являются креатин и лактат.

Креатин образуется и накапливается в мышечных клетках во время физических нагрузок за счет креатинфосфатной реакции:



Во время отдыха она протекает в обратном направлении:



Обязательным условием превращения креатина в креатинфосфат является избыток АТФ, который создается в мышцах после работы, когда уже нет больших энергозатрат на мышечную деятельность. Источником АТФ при восстановлении является тканевое дыхание, протекающее с достаточно высокой скоростью и потребляющее значительное количество кислорода. В качестве окисляемых субстратов чаще используются жирные кислоты. На устранение креатина требуется не более 5 минут. В течение этого времени наблюдается повышенное потребление кислорода, называемое алактатным кислородным долгом.

Алактатный кислородный долг характеризует вклад креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение выполненной физической нагрузки.

Наибольшие величины алактатного кислородного долга (8–10 л) наблюдаются после выполнения физических нагрузок в зоне максимальной мощности. Другой продукт анаэробного обмена – лактат. Устранение молочной кислоты происходит преимущественно во внутренних органах, так как она легко выходит из мышечных клеток в кровяное русло. Лактат, поступающий из крови в миокард, подвергается аэробному окислению и превращается в конечные продукты – CO_2 и H_2O . Такое окисление требует кислорода и сопровождается выделением энергии, которая используется для обеспечения работы сердечной мышцы. Значительная часть лактата из крови попадает в печень и превращается в глюкозу. Этот процесс называется глюконеогенезом. Синтез глюкозы из лактата требует энергии АТФ, источником которого служит тканевое дыхание, протекающее с повышенной скоростью и потребляющее избыточное (по сравнению с покоем) количество кислорода. Другая часть лактата из крови поступает в почки. В почках, так же как и в мио-

карде, лактат может окисляться с участием кислорода до углекислого газа и воды, давая этому органу энергию. Часть лактата через почки поступает в состав мочи. Выделяется из организма молочная кислота также в составе пота. У спортсменов содержание лактата в поте может значительно превышать его уровень в крови. Поэтому использование после тренировки сауны или бани позволяет ускорить выделение из организма молочной кислоты. **Для устранения избытка лактата обычно требуется не более 1,5–2 часов.** В это время наблюдается повышенное (по сравнению с дорабочим уровнем) потребление кислорода, поскольку все превращения лактата протекают с участием кислорода. Повышенное потребление кислорода в ближайшие 1,5–2 часа после завершения мышечной работы, необходимое для устранения лактата, называется лактатным кислородным долгом. Лактатный кислородный долг характеризует вклад гликолитического ресинтеза АТФ в энергообеспечение проделанной работы. Наибольшие величины лактатного кислородного долга (20–22 л) определяются после физической нагрузки в зоне субмаксимальной мощности.

Частично креатин и лактат могут устраняться и во время тренировки: при снижении интенсивности выполняемых физических упражнений, а также в промежутках отдыха. Такое восстановление называется текущим.

В период **отставленного восстановления** в организме восполняются запасы химических соединений и восстанавливаются внутриклеточные структуры, разрушенные или поврежденные во время мышечной работы. Основными биохимическими процессами, составляющими отставленное восстановление, являются синтезы гликогена, жиров и белков.

Синтез гликогена протекает в мышцах и в печени, причем в первую очередь накапливается мышечный гликоген. Синтезируется гликоген главным образом из глюкозы, поступающей в организм с пищей. Предельное время восстановления в организме запасов гликогена – 24–36 часов.

Синтез жиров осуществляется в жировой ткани. Вначале образуются глицерин и жирные кислоты, затем они соединяются в молекулу жира. Жир также образуется в стенке тонкой кишки путем ресин-

теза из продуктов переваривания пищевого жира. С током лимфы, а затем крови ресинтезированный жир поступает в жировую ткань. Для восполнения запасов жира необходимо не более 36–48 часов.

Синтез белков в основном идет в мышечной ткани. Часть аминокислот (незаменимых) обязательно должна поступать с пищей. Максимальное время синтеза белков – 48–72 часа.

Отставленное восстановление также включает и восстановление (репарацию) поврежденных внутриклеточных структур. Это касается миофибрилл, митохондрий, различных клеточных мембран. По времени это самый длительный процесс; он требует до 72–96 часов.

Все биохимические процессы, составляющие отставленное восстановление, протекают с потреблением энергии, источником которой является АТФ, возникающий за счет тканевого дыхания. Поэтому для отставленного восстановления характерно несколько повышенное потребление кислорода, но не такое выраженное, как при срочном восстановлении.

Важнейшей особенностью отставленного восстановления является наличие **суперкомпенсации** (или сверхвосстановления). Суть этого явления заключается в том, что **вещества, разрушенные при работе, во время восстановления синтезируются в больших концентрациях по сравнению с их дорабочим, исходным уровнем**. Если суперкомпенсация возникает часто (при регулярных тренировках), то это ведет к постепенному росту исходного уровня данного вещества. Основной причиной сверхвосстановления является повышенное содержание в крови гормонов, влияющих на синтетические процессы (инсулин, тестостерон и др.).

Для спортсмена суперкомпенсация имеет исключительно важное значение. На высоте суперкомпенсации существенно возрастают все качества двигательной деятельности (сила, скорость, выносливость), что сказывается на спортивных результатах.

Используемые в настоящее время в практике спорта средства, ускоряющие восстановительные процессы в организме спортсмена, можно отнести к трем направлениям:

- 1) педагогические;
- 2) психологические;
- 3) медико-биологические.

К педагогическим способам ускорения восстановления работоспособности относятся:

- использование в тренировочном процессе физических нагрузок, соответствующих функциональному состоянию спортсмена; исключение запредельных нагрузок, вызывающих чрезмерно глубокие биохимические и функциональные сдвиги в организме;
- рациональная регулярность тренировочных занятий, наличие необходимой продолжительности отдыха между тренировками;
- чередование лактатных и аэробных нагрузок, предупреждающее чрезмерное образование и накопление в организме лактата с последующим повышением кислотности.

Психологические средства, ускоряющие восстановление, следующие:

- психологическая саморегуляция;
- аутогенная психомышечная тренировка;
- внушение и гипноз;
- музыка и цветомузыка;
- специальные дыхательные упражнения;
- психогигиена (благоприятные условия быта, разнообразие досуга, исключение отрицательных эмоций и т. п.).

Медико-биологические средства ускорения восстановления работоспособности:

- гидротерапия (душ, баня, сауна, ванны);
- массаж (мануальный, вибромассаж, гидромассаж, подводный);
- полноценное питание;
- лекарственные средства.

Тема 2.6. Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой и спортом

Питание является основой жизнедеятельности, обязательным условием нормального роста и развития организма, высокой трудоспособности и профилактики заболеваний. Высокие физические и эмоциональные нагрузки, свойственные современному спорту, предъявляют особые требования к питанию спортсменов. Только в условиях правильно организованного полноценного питания

возможно повышение эффективности тренировочного процесса и рост спортивных результатов.

С биологической точки зрения питание обеспечивает организм:

- источниками энергии (энергетическая функция). Главными пищевыми источниками энергии являются углеводы и жиры;
- строительным материалом для различных синтезов (пластическая функция). Таким материалом в первую очередь являются аминокислоты и полиненасыщенные жирные кислоты (содержащие в молекуле две и более двойных связей);
- витаминами и минеральными веществами;
- водой.

Под питанием обычно понимается поступление пищи в организм, расщепление пищевых веществ (переваривание) и последующее всасывание продуктов переваривания.

Переваривание пищевых веществ происходит путем гидролиза под действием ферментов пищеварительных соков (слюны, желудочного, поджелудочного и кишечного соков). В процессе переваривания пищевые вещества, в основном высокомолекулярные и для организма чужеродные, под действием пищеварительных ферментов расщепляются и превращаются в простые соединения, одинаковые для всех живых организмов. Белки распадаются на аминокислоты 20 видов, точно такие же, как и аминокислоты самого организма. Из углеводов пищи образуется универсальный моносахарид – глюкоза. Поэтому конечные продукты пищеварения могут вводиться во внутреннюю среду организма и использоваться клетками для разнообразных целей.

Всасывание продуктов переваривания осуществляется клетками кишечного эпителия и является активным процессом, протекающим с использованием энергии АТФ.

Сформулированы основные принципы рационального питания.

1. Энергетическая ценность пищевого рациона по возможности должна соответствовать энергозатратам организма.

2. Пищевой рацион должен быть сбалансирован по важнейшим пищевым компонентам, т. е. должен содержать белки, жиры и углеводы в строго определенной пропорции.

3. Пищевой рацион должен содержать адекватное количество витаминов и минеральных веществ.

4. Пищевой рацион должен содержать «балластные вещества».

5. Должен соблюдаться режим питания.

Энергетическая ценность питания оценивается количеством энергии, которое может быть получено при окислении пищевых углеводов, жиров и белков до конечных продуктов (CO_2 , H_2O , NH_3). Поскольку выделяющаяся при окислении энергия часто измеряется в килокалориях, то энергетическую ценность рациона еще называют калорийностью питания.

Калорийность пищевого рациона может быть определена с помощью прибора – калориметра, который регистрирует тепловую энергию, выделяющуюся при сжигании порции пищи. Другой, более простой способ расчета энергетической ценности питания заключается в использовании специальных таблиц, в которых приводится содержание белков, жиров и углеводов в пищевых продуктах. Исходя из того, что 1 г углеводов и 1 г белков при окислении выделяют примерно 4 ккал, а 1 г жира – около 9 ккал энергии, определяют калорийность рациона в ккал/сутки (для перевода значения калорийности в кДж/сутки полученную величину в ккал/сутки необходимо умножить на 4,18).

Энергозатраты зависят от многих факторов: возраста, массы тела, профессии, климатических условий **и особенно от двигательной активности.**

В состоянии покоя, натошак (для исключения затрат энергии на мышечную деятельность и процесс пищеварения) организм расходует минимальное количество энергии, необходимое для поддержания основных физиологических функций и анаболических процессов. Эта величина называется основным обменом и составляет у мужчин в среднем 24–28 ккал/сутки·кг массы тела (1600–1800 ккал/сутки), у женщин несколько ниже – 23–26 ккал/сутки·кг (1400–1500 ккал/сутки). У детей величина основного обмена при расчете на 1 кг массы тела примерно в 1,5 раза выше, чем у взрослых. В процессе старения уровень основного обмена уменьшается.

Очевидно, что реальные энергозатраты должны быть выше значения основного обмена. У людей умственного труда суточные

затраты энергии составляют 2200–2500 ккал – у мужчин и 1800–2200 – у женщин. При тяжелом физическом труде (за счет мышечной работы!) энергозатраты существенно возрастают: у мужчин – до 5000 ккал/сутки, а у женщин – до 4000. У спортсменов энергозатраты в зависимости от вида спорта, а также от периода тренировочного цикла колеблются в диапазоне от 4000 до 7000 ккал/сутки.

Энергозатраты можно определить путем прямой калориметрии, т. е. измерить суточное выделение организмом тепла (как известно, в процессе катаболизма значительная часть освобождающейся энергии выделяется в виде тепла). Однако это весьма сложная процедура. В связи с этим чаще применяются методы непрямой калориметрии, основанные на измерении потребления кислорода или выделения углекислого газа, поскольку эти показатели характеризуют состояние катаболизма.

К непрямой калориметрии также относится метод **суточной пульсометрии**, заключающийся в измерении и регистрации частоты сердечных сокращений в течение суток. Этот метод базируется на корреляции между потреблением кислорода за сутки, характеризующим освобождение энергии в процессе катаболизма, и средней величиной пульса. Для подсчета и регистрации пульса применяется портативный прибор – спорт-тестер, состоящий из прикрепленного к груди испытуемого датчика и приемника.

Косвенно суточные энергозатраты можно установить путем заполнения **анкет**, в которых испытуемые подробно описывают все, что они делали в течение дня. Затем с помощью специальных таблиц, в которых приведены значения энергозатрат при различных видах трудовой и спортивной деятельности, проводят расчет суточных энергозатрат.

Употребление питания с пониженной калорийностью не только сопровождается расходом всех резервных углеводов и жиров, но и приводит к использованию в качестве источников энергии белков, в первую очередь мышечных. В результате развиваются атрофия мышц и анемия, уменьшается масса тела, снижается физическая работоспособность, а у детей наблюдается задержка роста.

При продолжительном поступлении в организм пищевых источников энергии в количествах, превышающих энергозатраты, возни-

кает ожирение, причем в жировых депо откладывается жир, поступающий не только с пищей, но и образующийся из углеводов.

Поэтому самым простым способом контроля соответствия калорийности пищевого рациона и суточных энергозатрат является **измерение массы тела**. При длительном использовании рациона с пониженной калорийностью (по сравнению с энерготратами) наблюдается уменьшение массы тела, а при чрезмерном поступлении в организм источников энергии масса тела увеличивается в основном за счет накопления жира.

Сбалансированность питания касается прежде всего соотношения между содержанием в рационе белков, жиров и углеводов.

Пищевые белки являются поставщиками аминокислот, которые необходимы для синтеза белков и других азотсодержащих соединений организма (например, азотистых оснований нуклеиновых кислот, креатина, адреналина и др.). Особенно важно поступление с пищей незаменимых (эссенциальных) аминокислот, которые не синтезируются в организме. Эти аминокислоты должны регулярно поступать с пищей, так как они не накапливаются в организме. При избыточном поступлении неиспользованные для синтеза белков аминокислоты, в том числе незаменимые, подвергаются распаду.

Суточная потребность в белке зависит от многих факторов (масса тела, возраст, профессия и условия труда, климатические условия и др.) и составляет в среднем для взрослого человека **100–120 г**.

Значительное влияние на норму белка в питании оказывают двигательная активность и биологическая ценность пищевых белков. Считается, что потребность в белке при выполнении физической работы увеличивается на 10 г на каждые 500 ккал энергозатрат.

Биологическая ценность белков определяется прежде всего их аминокислотным составом. Пищевые белки должны содержать все незаменимые аминокислоты, причём желательнее в том же соотношении, которое характерно для белков человека. Соотношение между незаменимыми аминокислотами в пищевых белках животного происхождения, по сравнению с растительными, ближе к соотношению в органах и тканях человека. Отсюда следует, что животные белки обладают большей биологической ценностью, чем растительные. Однако из этого правила есть исключение: **белки**

овса и гречи по своему аминокислотному составу похожи на белки человека и поэтому могут заменять в рационе животные белки.

В суточном рационе животных белков должно быть не менее 50% от содержания всех белков. Биологическая ценность пищевых белков зависит также от возможности их расщепления протеолитическими ферментами в процессе пищеварения. Плохо перевариваются белки связок, сухожилий, соединительной ткани, некоторые растительные белки.

Наиболее высокой биологической ценностью обладают молочные и яичные белки.

Недостаточное поступление пищевых белков (белковое голодание) постепенно ведет к нарушению многих функций организма, уменьшению массы тела, снижению работоспособности. Особенно опасно белковое голодание для растущего организма, так как в основе роста лежит накопление белков.

При избыточном потреблении белков пищеварительные ферменты оказываются не в состоянии их полностью расщепить. Непереваренные белки попадают в толстую кишку и под действием микрофлоры подвергаются там гниению, в ходе которого образуются ядовитые вещества. В тканях организма избыток аминокислот распадается с выделением аммиака, что создает дополнительную нагрузку на печень, в которой осуществляется обезвреживание аммиака путем синтеза мочевины. Кроме того, при распаде аминокислот возможно накопление недоокисленных продуктов, в основном органических кислот, что вызывает сдвиг кислотно-щелочного баланса в кислую сторону.

Обязательным компонентом сбалансированного пищевого рациона являются жиры. Их роль как пищевого продукта многообразна. Жир является важным источником энергии, превосходящим по калорийности белки и углеводы. При окислении 1 г жира выделяется примерно 9 ккал энергии, тогда как при окислении такого же количества белков или углеводов освобождается только около 4 ккал.

Однако **окисление жиров протекает исключительно аэробным путем и может обеспечить энергией только умеренные нагрузки.** Поэтому роль жира как источника энергии особенно велика при выполнении продолжительной физической работы.

Кроме энергетической функции жиры еще выполняют пластическую функцию, являясь поставщиками **полиненасыщенных** жирных кислот. Такие жирные кислоты содержат в своей молекуле две и более двойных связей и в организме человека не синтезируются. Полиненасыщенные жирные кислоты (**линолевая, линоленовая, арахидоновая** и пр.) необходимы для синтеза липоидов клеточных мембран и для образования гормоноподобных веществ — простагландинов, регулирующих в организме тонус гладкой мускулатуры (стенки кровеносных сосудов, трахеи и бронхов, кишечника, матки и т. д.). Полиненасыщенные жирные кислоты обычно входят в состав растительных жиров. Потребность взрослого человека в полиненасыщенных жирных кислотах может быть обеспечена ежедневным поступлением с пищей 20–30 мл растительного масла.

Пищевые жиры также являются поставщиками жирорастворимых витаминов, которые могут накапливаться в жирах. Так, рыбий жир богат витаминами А и D, а растительные жиры содержат витамин Е.

Суточный рацион взрослого человека должен содержать 80–100 г жиров, что составляет 30–35% от его калорийности. Употребление избыточного количества жира со временем приводит к ожирению.

Пищевые **углеводы** являются основными источниками энергии, они обеспечивают 55–60% суточной потребности организма в энергии. Особая роль углеводов как источников энергии обусловлена тем, что они могут расщепляться в организме как **аэробно**, так и **анаэробно**, тогда как окисление белков и жиров происходит лишь аэробным способом. Как известно, при анаэробном распаде углеводов энергии в единицу времени выделяется в 2 раза больше, чем при аэробном окислении любых веществ. В связи с этим физические нагрузки высокой мощности, требующие больших энергозатрат в единицу времени, обеспечиваются в первую очередь углеводами.

Главным пищевым углеводом является крахмал, содержание которого в пищевом рационе может достигать до 80% от общего количества всех углеводов. Богаты крахмалом крупы, макароны, хлеб, картофель, овощи и другие растительные продукты питания.

Кроме крахмала с пищей могут поступать и другие углеводы растительного происхождения: клетчатка (целлюлоза) и сахараза (пищевой сахар). Моносахариды **глюкоза** (виноградный сахар)

и фруктоза (фруктовый сахар) обычно присутствуют в различных ягодах, фруктах и меде.

Из углеводов животного происхождения с пищей поступают гликоген и лактоза (молочный сахар). Гликоген содержится в мясе и печени, а лактоза — в молочных продуктах.

Средняя суточная потребность организма в углеводах — 400–500 г.

При пониженном поступлении углеводов с пищей в организме ускоряется использование жиров и белков в качестве источников энергии. Усиленный распад внутриклеточных белков может привести к снижению их содержания в клетках и появлению симптомов «белкового голодания». Кроме того, окисление белков сопровождается повышенным выделением аммиака. При окислении жиров в качестве промежуточных продуктов образуются кетонные тела, накопление которых вызывает ацидоз — смещение кислотно-щелочного равновесия в кислую сторону.

Длительное чрезмерное потребление углеводов приводит к нарушениям обмена веществ и возникновению заболеваний. **Это связано со способностью углеводов легко преобразовываться в жиры и холестерин.** Поэтому при избыточном углеводном питании, особенно на фоне малоподвижного образа жизни, нередко развиваются такие заболевания, как ожирение и атеросклероз.

Согласно рекомендациям ведущих диетологов соотношение между белками, жирами и углеводами в суточном рационе должно быть 1:1:4, т. е. на каждый грамм белков должен приходиться 1 г жиров и 4 г углеводов.

С продуктами питания должны также поступать витамины в необходимых для организма количествах. Потребность в витаминах прежде всего зависит от массы тела, возраста, двигательной активности. При недостаточном поступлении витаминов развиваются **гиповитаминозы**. Обычно гиповитаминозы наблюдаются зимой и весной, когда содержание витаминов в пищевых продуктах уменьшается вследствие их разрушения при хранении. Особенно часто встречается гиповитаминоз С — цинга. Поэтому в это время года рекомендуется принимать комплексные витаминные препараты. Избыточное введение водорастворимых витаминов не приводит к их накоплению в организме, так как их избыток сразу же выделя-

ется с мочой. Поэтому поступление в организм водорастворимых витаминов должно быть регулярным. Жирорастворимые витамины при чрезмерном поступлении накапливаются в жировой ткани, вследствие чего могут возникать гипervитаминозы. Описаны случаи гипervитаминозов А, D и К.

Минеральные элементы поступают в составе продуктов питания, как правило, в количествах, соответствующих потребности организма. Исключение составляет лишь поваренная соль (хлористый натрий), которая добавляется к пище в чистом виде. Физиологическая потребность в этой соли 5–6 г/сутки, однако в силу традиций и привычек её содержание в рационе значительно выше. К необходимым для жизнедеятельности химическим элементам относятся натрий, калий, хлор, кальций, магний, фосфор, железо, медь, йод, фтор, марганец, цинк.

Из продуктов питания наиболее богаты минеральными веществами овощи и фрукты. Недостаточное поступление в организм минеральных веществ, а также их избыток в пище приводят к нарушениям обмена веществ и возникновению заболеваний.

Пищевой рацион должен содержать **балластные вещества**, или пищевые волокна. К ним относятся растительные высокомолекулярные углеводы (клетчатка, пектин, лигнин), имеющие прочные молекулы в форме длинных нитей. Эти вещества не гидролизуются пищеварительными ферментами и выделяются из организма в нерасщепленном виде. Вследствие этого ранее считалось, что такие углеводы не приносят пользы и что они являются как бы лишними компонентами пищевого рациона, т. е. балластом. В настоящее время установлено, что данные растительные углеводы выполняют в процессе пищеварения, по крайней мере, две важные функции. Во-первых, двигаясь по пищеварительному тракту и касаясь его стенки, пищевые волокна усиливают перистальтику, т. е. волнообразное сокращение стенки кишки, необходимое для перемещения пищи. Во-вторых, пищевые волокна оказались хорошими сорбентами. На них могут сорбироваться и затем вместе с ними покидать организм различные токсичные вещества как экзогенного (присутствующие в пище), так и эндогенного происхождения (образующиеся в организме в процессе метаболизма и выделяющиеся

в полость желудочно-кишечного тракта, а также продукты гниения). В частности, на пищевых волокнах может сорбироваться холестерин. В связи с такой функцией клетчатку и другие пищевые волокна образно называют «дворники организма».

Условием рационального питания является соблюдение режима поступления пищи в организм. Правильный режим питания необходим для ритмичного и эффективного функционирования пищеварительной системы, для полноценного усвоения пищи и нормального протекания метаболических процессов.

Общепринятым является трех- или четырехразовое питание с интервалами между приемами пищи 4–5 часов. Кратность приема пищи зависит от объема и калорийности рациона: при возрастании объема и калорийности должна быть увеличена кратность питания, так как при одномоментном поступлении большого количества пищи переваривание и всасывание будут неполными и могут возникнуть различные неприятные ощущения (чувство тяжести, вздутие живота и т. п.), снижение работоспособности.

Частое нарушение режима питания (еда всухомятку, редкие и обильные приемы пищи, беспорядочная еда) может привести к заболеваниям органов пищеварения.

Питание спортсменов имеет ряд особенностей по сравнению с питанием не занимающихся спортом, в том числе людей, выполняющих тяжелую физическую работу.

1. **Для спортсменов характерен высокий расход энергии.** При занятиях спортом энергозатраты составляют от 4000 до 7000 ккал в сутки. Но в отличие от людей тяжелого физического труда, тоже расходующих много энергии (до 5000 ккал/сутки), интенсивность энергозатрат у спортсменов значительно выше. Рабочий, занятый физическим трудом в течение 8-часового рабочего дня, расходует во время работы 0,03–0,05 ккал/с, бегун-марафонец во время бега – 0,3 ккал/с, а спринтер – 3 ккал/с. Отсюда видно, что при выполнении большинства физических упражнений источником энергии являются анаэробные процессы, в то время как трудовая деятельность обеспечивается аэробным способом получения АТФ. Поэтому **рацион спортсмена должен иметь не только необходимую энергетическую ценность, но и содержать повышенное количество**

углеводов, поскольку, как уже отмечалось, только углеводы могут подвергаться анаэробному распаду и давать много энергии в единицу времени. Жиры и белки окисляются лишь аэробно и при выполнении интенсивных нагрузок используются ограниченно.

Необходимость обогащения рациона спортсменов углеводами еще обусловлена тем, что запасы углеводов в организме (гликоген печени и мышц) ограничены и при работе быстро исчерпываются. В связи с этим практикуется дополнительное введение углеводов во время тренировки или соревнования (например, питание на дистанции у марафонцев, лыжников, велосипедистов).

В период интенсивных тренировок суточная потребность в углеводах может составлять 700–800 г.

Соответствие энергетической ценности пищевого рациона затратам энергии спортсменом является одним из важнейших условий эффективности тренировочного процесса.

2. При выполнении спортивных нагрузок усиливается распад белков, главным образом мышечных. Особенно быстро расщепляются белки при выполнении упражнений силового характера. Для восполнения разрушенных при работе белков необходимо поступление во время восстановления повышенного количества аминокислот. **Это делает необходимым использование рациона с повышенным содержанием белков.** Наиболее высокая потребность в белках отмечается у тяжелоатлетов и культуристов. У этих спортсменов потребление белков может достигать 200–250 г в сутки.

3. Интенсификация метаболизма в организме спортсмена **увеличивает потребность в коферментах**, в состав которых входят витамины. В итоге потребление витаминов спортсменами возрастает в 2–3 раза. Обеспечить поступление такого большого количества витаминов только с естественными пищевыми продуктами обычно не удастся. Поэтому в спортивной практике широко используются различные витаминные препараты. Хороший эффект дает применение поливитаминных комплексов с минеральными добавками (например, Компливит, Глутамевит, Vitrum, Centrum, Unicar и др.). Перечисленные витаминные комплексы содержат все необходимые витамины в нужных дозировках и пропорциях, а также различные минеральные вещества, потребность в которых у спортсменов тоже повышается.

4. При выполнении интенсивных физических нагрузок наблюдается повышенное выделение из организма минеральных веществ в составе пота. **Увеличение потребности спортсменов в минералах** еще обусловлено высокой скоростью метаболизма, наблюдаемой как во время выполнения мышечной работы, так и при восстановлении. В большей мере спортсмены нуждаются в таких минеральных элементах, как кальций, магний, калий и фосфор.

Наряду с поступлением минеральных веществ с натуральными продуктами питания, они вводятся в организм с минеральной водой и в составе комплексных поливитаминных препаратов. Кроме того, нередко используются специальные фармацевтические средства: глицерофосфат кальция (содержит Ca и P), фитин (содержит Ca, Mg, P), аспаркам (содержит K и Mg), оротат калия (содержит K), глицерофосфат железа (содержит Fe и P), ферроплекс (содержит Fe и витамин C), фитоферролактол (содержит Ca, Mg, P, Fe).

5. В связи с необходимостью применения пищевого рациона большого объема (за счет повышенного содержания белков и углеводов) **у спортсменов существенно возрастает кратность приема пищи**. В отдельных видах спорта (тяжелая атлетика, бодибилдинг, гребля и др.) практикуется даже пяти- и шестизаповый прием пищи. Увеличение кратности приема пищи обеспечивает более полноценное усвоение пищевых веществ и их лучшее использование тканями организма.

6. Еще одной особенностью спортивного питания является применение биологически активных пищевых добавок. Необходимость использования таких продуктов вызвана тем, что высокую потребность спортсменов в белках, углеводах, витаминах и солях очень сложно удовлетворить за счет традиционного питания.

Пищевые добавки представляют собою специализированные продукты питания, вырабатываемые из высококачественного натурального сырья. В отличие от обычных пищевых продуктов они содержат в высоких концентрациях наиболее полноценные и легкоусвояемые компоненты пищи, что позволяет их использовать в меньших объемах по сравнению с натуральными продуктами.

Широкое распространение имеют белковые, белково-углеводные и аминокислотные добавки. В состав белковых добавок часто

входят молочные и яичные белки, которые легко расщепляются в процессе пищеварения. Некоторые пищевые добавки содержат гидролизат белков, т. е. частично расщепленные белки, вследствие чего они быстро усваиваются. В отличие от естественных продуктов питания пищевые добавки содержат белки в более высокой концентрации –70–90%.

Аминокислотные добавки представляют собой смесь из 20 аминокислот или же являются отдельными, наиболее важными аминокислотами. В качестве пищевых добавок часто используются глицин, метионин, лизин, глутаминовая и аспарагиновая кислоты. Белковые, углеводные и аминокислотные добавки могут быть обогащены витаминами и минеральными веществами.

Хороший эффект дает применение углеводных добавок, содержащих углеводы разной степени полимеризации (например, глюкозу (моносахарид), сахарозу (дисахарид) и крахмал (полисахарид)). В этом случае происходит плавное поступление глюкозы в кровяное русло без появления выраженной гипергликемии.

К пищевым добавкам можно отнести также поливитаминные комплексы и препараты, содержащие минеральные вещества.

С давних времен в качестве пищевых добавок используются продукты пчеловодства (апипродукты). К ним относятся мед, маточное молочко (апилак), цветочная пыльца, прополис.

Таким образом, особенностями питания спортсменов являются более высокая калорийность пищевого рациона, повышенное содержание белков и углеводов на фоне лишь незначительного увеличения количества жиров (рекомендуемое соотношение между белками, жирами и углеводами в рационе спортсменов 1:07–08:4), обогащение рациона витаминами и минералами, использование биологически активных пищевых добавок и увеличение кратности приема пищи.

Лабораторная работа 1 *Определение должного основного обмена по данным роста, веса и возраста*

Обмен веществ и энергии между организмом и внешней средой – неотъемлемое свойство любого организма. Энергия, освобождающаяся при диссимиляции, обеспечивает все жизненные процессы организма (кровообращение, дыхание, сокращение мышц и т. д.).

В зависимости от активности организма различают три вида энергетического обмена: основной обмен, обмен в состоянии покоя и энергозатраты при физической работе. Два последних обуславливают общий обмен.

Энергетические возможности организма чаще всего выражают посредством основного обмена. **Основной обмен** – это минимальное количество энергии, необходимое для поддержания нормальной жизнедеятельности организма в состоянии полного покоя при исключении всех внутренних и внешних влияний, которые могли бы повысить уровень обменных процессов. Основной обмен веществ определяют утром натощак (через 12–14 часов после последнего приема пищи) в положении лежа на спине, при полном расслаблении мышц, в комфортных температурных условиях окружающей среды (18–20° С). Выражают основной обмен количеством энергии, выделенной организмом (кДж или ккал). При этом 1 ккал = 4,19 кДж. Основной обмен веществ зависит от возраста, роста, массы тела, пола. Самый интенсивный основной обмен веществ в расчете на 1 кг массы тела отмечается у детей. У новорожденных он составляет 50–53 ккал/кг (209–222 кДж/кг) в сутки, у детей первого года жизни – 42 ккал/кг (176 кДж/кг). Энергетический обмен в организме женщин при прочих равных условиях ниже, чем у мужчин. У детей (в возрасте до 16–18 лет) интенсивность обмена (в пересчете на вес) гораздо выше, чем у взрослых, что обусловлено процессами их роста. У женщин основной обмен веществ ниже, чем у мужчин. Это связано с тем, что у женщин меньше масса и поверхность тела.

Чаще всего должный основной обмен (ДОО) вычисляют по таблицам Гарриса-Бенедикта, исходя из пола, возраста, роста и массы тела человека. Должный основной обмен (ДОО) вычисляют по формуле $ДОО = А + Б$, где ДОО – приводится в ккал, А – число ккал, зависящее от веса, Б – число ккал, зависящее от роста и возраста. Число А находят в одной таблице, число Б – в другой. Таблицы составлены отдельно для мужчин и женщин (см. табл. 1).

Цель работы – научиться определять должные значения основного обмена для лиц разного пола и возраста.

Оснащение: весы, ростомер, таблицы Гарриса-Бенедикта.

Таблица 1

Таблицы Гарриса-Бенедикта для определения
основного обмена человека

Фактор веса (А)

кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал
Мужчины									
25	410	45	685	65	960	85	1235	105	1510
26	424	46	699	66	974	86	1249	106	1524
27	438	47	713	67	988	87	1263	107	1538
28	452	48	727	68	1002	88	1277	108	1552
29	465	49	740	69	1015	89	1290	109	1565
30	479	50	754	70	1029	90	1304	110	1579
31	493	51	768	71	1043	91	1318	111	1593
32	507	52	782	72	1057	92	1332	112	1607
33	520	53	795	73	1070	93	1345	113	1620
34	534	54	809	74	1084	94	1359	114	1634
35	548	55	823	75	1098	95	1373	115	1648
36	562	56	837	76	1112	96	1387	116	1662
37	575	57	850	77	1125	97	1400	117	1675
38	589	58	864	78	1139	98	1414	118	1688
39	603	59	878	79	1153	99	1428	119	1703
40	617	60	892	80	1167	100	1442	120	1717
41	630	61	905	81	1180	101	1455	121	1730
42	644	62	918	82	1194	102	1469	122	1744
43	658	63	933	83	1208	103	1483	123	1758
44	672	64	947	84	1222	104	1497	124	1772

кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал
Женщины									
25	894	45	1085	65	1271	85	1468	105	1659
26	904	46	1095	66	1286	86	1478	106	1669
27	918	47	1105	67	1296	87	1487	107	1678
28	923	48	1114	68	1305	88	1497	108	1688
29	932	49	1124	69	1315	89	1506	109	1698
30	942	50	1133	70	1325	90	1516	110	1707
31	952	51	1143	71	1334	91	1525	111	1717
32	961	52	1152	72	1344	92	1535	112	1726
33	971	53	1162	73	1353	93	1544	113	1736
34	980	54	1172	74	1363	94	1554	114	1745
35	990	55	1181	75	1372	95	1564	115	1755
36	999	56	1191	76	1382	96	1573	116	1764
37	1009	57	1200	77	1391	97	1583	117	1774
38	1019	58	1210	78	1401	98	1592	118	1784
39	1028	59	1219	79	1411	99	1602	119	1793
40	1038	60	1229	80	1420	100	1611	120	1803
41	1047	61	1238	81	1430	101	1621	121	1812
42	1057	62	1248	82	1439	102	1631	122	1822
43	1066	63	1258	83	1449	103	1640	123	1831
44	1076	64	1267	84	1458	104	1650	124	1841

Продолжение табл. 1

Фактор возраста и роста (Б)

Рост, см	Возраст, лет												
	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
Мужчины													
157	644	631	617	604	590	577	563	550	536	523	509	495	482
159	654	641	627	614	600	587	573	560	546	533	519	506	492
161	664	651	637	624	610	597	583	570	556	543	529	516	502
163	674	661	647	634	620	607	593	580	566	553	539	526	512
165	684	671	657	644	630	617	603	590	576	563	549	536	522
167	694	681	667	654	640	627	613	600	586	573	559	546	532
169	704	691	677	664	650	637	623	610	596	583	569	556	542

Рост, см	Возраст, лет													
	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	
171	714	701	687	674	660	647	633	620	606	593	579	566	552	
173	724	711	697	684	670	657	643	630	616	603	589	576	562	
175	734	721	707	694	680	667	653	640	626	613	599	586	572	
177	744	731	717	704	690	677	663	650	636	623	609	596	582	
179	754	741	727	714	700	687	673	660	646	633	619	606	592	
181	764	751	737	724	710	697	683	670	656	643	629	616	602	
183	774	761	747	734	720	707	693	680	666	653	639	626	612	
185	784	771	757	744	730	717	703	690	676	663	649	636	622	
187	794	781	767	754	740	727	713	700	686	673	659	646	632	
189	804	791	777	764	750	737	723	710	696	683	669	656	642	
191	814	801	787	774	760	747	733	720	706	693	679	666	652	
193	824	811	797	784	770	758	743	730	716	703	689	676	662	
195	834	821	807	794	780	768	753	740	726	713	699	686	672	
197	844	831	817	804	790	778	763	750	736	723	709	696	682	
199	854	841	827	814	800	788	773	760	746	733	719	706	692	
Женщины														
157	193	183	174	165	155	154	136	128	118	108	99	90	80	
159	196	187	177	167	158	145	140	130	121	111	102	92	84	
161	200	191	181	171	162	152	144	134	125	115	106	97	88	
163	203	195	185	175	166	156	147	137	128	119	110	100	91	
165	207	199	189	180	170	160	151	141	132	123	114	104	95	
167	211	203	192	183	173	164	155	145	136	126	117	107	98	
169	215	206	196	186	177	167	159	149	140	130	121	111	102	
171	218	210	199	190	181	171	162	152	143	134	125	115	106	
173	222	213	203	194	185	176	166	156	147	138	129	119	110	
175	225	217	207	197	188	179	169	160	151	141	132	123	113	
177	229	221	211	201	192	182	173	164	155	145	136	126	117	
179	233	223	214	204	195	186	177	167	158	148	139	130	121	
181	237	227	218	208	199	190	181	171	162	152	142	134	126	
183	240	231	222	212	203	193	184	174	165	156	147	137	128	
185	244	235	236	216	207	197	188	179	169	160	151	141	132	
187	248	238	229	219	210	201	192	182	173	163	154	145	135	
189	252	242	233	223	214	205	196	186	177	167	157	148	139	

Рост, см	Возраст, лет													
	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	
191	255	245	236	227	218	208	199	190	180	171	162	152	143	
193	259	250	240	231	222	212	203	193	184	175	166	156	147	
195	262	253	244	234	225	215	206	197	188	178	169	160	150	
197	266	257	248	238	229	219	210	201	192	182	173	163	154	
199	270	260	251	241	232	223	214	204	195	185	175	167	158	

Продолжение табл. 1

Фактор возраста и роста (Б)

Рост, см	Возраст, лет										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Мальчики											
76	30										
80	70	50									
84	110	85	60								
88	160	130	100								
92	220	180	140	120	100						
96	280	230	180	160	140	126	113				
100	330	280	230	205	180	166	153	140	128		
104	390	330	280	250	220	210	193	180	168	155	
108	450	390	330	300	260	245	233	221	208	196	
112	500	440	380	340	300	287	273	261	248	235	
116	550	490	430	385	340	327	313	300	288	276	
120	600	540	480	430	380	368	353	341	328	316	
124	650	590	530	470	420	417	393	381	368	356	
128	700	640	580	520	460	448	433	421	408	395	
132	750	690	630	570	500	486	473	460	448	436	
136	800	740	680	620	540	526	513	500	488	476	
140	840	780	720	650	580	565	553	540	528	516	
144	890	825	760	690	620	607	593	580	568	555	
148	950	885	820	740	660	647	633	621	608	595	
152	990	925	860	780	700	685	673	660	648	635	
156	1030	960	890	815	740	725	713	698	678	661	
160	1060	990	920	850	780	761	743	726	708	690	

Рост, см	Возраст, лет									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
164	1100	1040	960	885	810	794	773	755	738	721
168	1140	1070	1000	920	840	820	803	785	768	745
172	1190	1110	1020	940	860	840	523	806	788	760
176	1230	1140	1040	960	880	860	843	825	808	780
180		1170	1060	980	900	880	863	845	828	800
184				1000	920	903	883	865	848	815
188					940	920	903	885	868	840
192							923	906	888	850
196									908	860
200										870
Девочки										
76	-73	-75								
80	-57	-60	-66							
84	-31	-41	-50	-55						
88	-5	-17	-34	-39	-43					
92	19	0	-14	-22	-27	-32				
96	27	13	-2	-5	-11	-17	-21			
100	43	31	14	10	5	0	-5	-10	-14	
104	62	45	30	25	21	16	11	6	2	
108	85	65	56	47	37	32	27	23	18	
112	101	87	72	62	53	48	43	38	34	
116	117	107	98	84	69	64	59	54	50	
120	143	129	114	97	80	77	75	71	66	
124	159	145	130	115	101	101	101	91	82	
128	175	161	146	132	117	112	107	103	98	
132	191	177	162	148	133	128	123	119	114	
136	207	192	178	159	140	140	139	134	130	
140	228	211	194	180	165	160	155	150	146	
144	241	230	210	195	181	176	171	167	162	
148	265	250	236	220	197	192	187	182	178	
152	281	267	252	232	212	206	201	197	192	
156	297	279	260	243	227	221	215	210	206	
160	303	289	274	258	242	235	229	224	220	

Рост, см	Возраст, лет									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
164	313	301	290	274	257	250	243	239	234	
168	325	315	306	288	271	263	255	250	246	
172	331	324	318	301	285	276	267	263	258	
176			328	314	299	289	279	274	270	
180				323	313	302	291	287	282	
184					327	315	303	298	294	

Ход работы

Определяют рост и массу тела испытуемого, затем находят число А и число Б по таблицам Гарриса-Бенедикта (табл. 1). Оба числа суммируют.

Например: юноша – 21 год, рост 172 см, вес 68 кг. В таблице А для мужчин справа от строки «68 кг» находим число А (1002 ккал), в таблице Б для мужчин в месте пересечения граф, соответствующих возрасту 21 год (по горизонтали) и росту 171 см (по вертикали), находим число Б – 714 ккал. Сложив эти два числа (1002 ккал + 714 ккал = 1716 ккал), получаем величину основного обмена (суточную). Затем рассчитывают основной обмен на 1 кг массы тела за час (в килокалориях).

Оформление результатов. Результаты расчетов ДОО записать в таблицу. Сравнить средние показатели юношей и девушек. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение основному обмену и от чего он зависит?
2. Какие существуют методы определения основного обмена?
3. Какие различия по показателям основного обмена мужчин, женщин, взрослых, детей?

Лабораторная работа 2

Биохимические основы питания спортсменов

Питание является основой жизнедеятельности, обязательным условием нормального роста и развития организма, высокой трудоспособности и профилактики заболеваний. Высокие физические и эмоциональные нагрузки, встречающиеся в условиях современного спорта, предъявляют особые требования к питанию спортсменов. Только в условиях правильно организованного полноценного питания возможно повышение эффективности тренировочного процесса и рост спортивных результатов.

Основными веществами, необходимыми для жизнедеятельности организма, являются белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины и вода. Согласно рекомендациям ведущих диетологов соотношение белков, жиров и углеводов должно быть 1:1:4, то есть на каждый грамм белков должен приходиться 1 грамм жиров и 4 грамма углеводов.

В настоящее время существуют следующие основные принципы рационального питания.

1. Энергетическая ценность пищевого рациона, по возможности, должна соответствовать энергозатратам организма.

2. Пищевой рацион должен быть сбалансирован по важнейшим пищевым компонентам, то есть должен содержать белки, жиры и углеводы в определенной пропорции.

3. Пищевой рацион должен содержать адекватное количество витаминов и минеральных веществ.

4. Пищевой рацион должен содержать «балластные вещества».

5. Должен соблюдаться режим питания. Общепринятым считается трех- или четырехразовое питание с интервалами между приемами пищи 4–5 часов.

Кроме того, питание спортсменов имеет ряд особенностей по сравнению с питанием лиц, не занимающихся спортом.

➤ Для спортсменов характерен высокий расход энергии. Энергозатраты могут составлять от 4000 до 7000 ккал в сутки. В отличие от людей, выполняющих тяжелый физический труд, интенсивность энергозатрат у спортсменов значительно выше и при выполнении

большинства физических упражнений источником энергии являются анаэробные процессы. Поэтому рацион спортсменов должен содержать повышенное количество углеводов. В период интенсивных тренировок суточная потребность в углеводах может составлять 700–800 г.

➤ Спортивные нагрузки силового характера усиливают распад мышечных белков, поэтому в период восстановления необходимо дополнительное поступление аминокислот. У тяжелоатлетов и культуристов потребность в белках может достигать 200–250 грамм в сутки.

➤ Интенсивность метаболизма в организме спортсменов увеличивает потребность в коферментах, в состав которых входят витамины. Потребление витаминов возрастает в 2–3 раза.

➤ Интенсивные нагрузки способствуют повышенному выделению из организма и минеральных веществ. В большей мере спортсмены нуждаются в таких минеральных веществах, как кальций, магний, калий и фосфор.

Таким образом, особенностями питания спортсменов является более высокая калорийность пищевого рациона, повышенное содержание белков и углеводов на фоне лишь незначительного увеличения количества жиров, обогащение рациона витаминами и минералами, увеличение кратности приема пищи. Суточная потребность в основных пищевых веществах представлена в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для взрослого человека (18–59 лет)

Нутриенты	Потребность
Белки, г	58–117 (88)*
В том числе животные	32–64 (48)
Жиры, г	60–154 (107)
В том числе растительные	18–46 (32)
Усвояемые углеводы, г	257–586 (422)
В том числе:	
моно- и дисахариды	50–100 (75)
Пищевые волокна	20–25 (22,5)
В том числе клетчатка и пектин	10–15 (12,5)

Нутриенты	Потребность
Минеральные вещества	
макроэлементы, мг:	
кальций	800
фосфор	1200
магний	400
калий	2500–5000 (3750)
натрий	4000–6000 (5000)
хлор	7000–10000 (8500)
сера	1000
микроэлементы, мг:	
железо	10–18(14)
цинк	15
йод	0,15
фтор	3
Витамины:	
тиамин (В ₁), мг	1,1–2,1 (1,6)
рибофлавин (В ₂), мг	1,3–2,4 (1,8)
пиридоксин (В ₆), мг	1,8–2,0 (1,9)
пантотеновая кислота (В ₃), мг	10–15 (12,5)
аскорбиновая кислота (С), мг	70–100 (85)
А, мкг ретинол-эквивалента	800–1000 (900)
витамин Е, мг	8–10 (9)
Энергетическая ценность, ккал	1800–4200 (3000)

* в скобках – усредненная потребность.

Таблица 3

Суточная потребность основных минеральных веществ
и витаминов (мг)

Возраст	Ca	P	Mg	Fe	Витамины				
					A	В ₁	В ₆	C	E
14–17 (юноши)	1200	1800	300	18	1,5	1,7	2,0	75	15
14–17 (девушки)	1100	1650	300	18	1,5	1,6	1,8	65	12

Цель работы – освоить методику составления рациона для различных возрастных групп в соответствии с полом и весом.

Оснащение: таблицы химического состава пищевых продуктов и их калорийности (прил. 1).

Ход работы

1. Вычислить общий расход энергии, исходя из того, что суточная потребность её на 1 кг массы тела составляет: в возрасте 14–17 лет – 65–50 ккал и свыше 17 лет – 45–40 ккал.

При весе 65 кг расход энергии для взрослого человека составит:
 $65 \text{ кг} \times 42 \text{ ккал} = 2730 \text{ ккал}$.

2. В соответствии с требованиями рационального сбалансированного питания для взрослого здорового человека среднего возраста, с умеренной физической нагрузкой суточная энергетическая ценность рациона питания должна обеспечиваться за счет белков на 14%, жиров на 30% и углеводов на 56% (12:30:58).

С помощью этих соотношений, зная величину суточных энергозатрат, можно рассчитать необходимое количество белков, жиров и углеводов в рационах питания.

Калорийность за счет белков должна быть равна:

$$\begin{array}{l} 2730 \text{ ккал} - 100\% \\ x - 14\% \end{array} \quad x = \frac{2730 \times 14}{100} = 382 \text{ ккал}$$

Калорийность за счет жиров должна быть равна:

$$\begin{array}{l} 2730 \text{ ккал} - 100\% \\ x - 30\% \end{array} \quad x = \frac{2730 \times 30}{100} = 819 \text{ ккал}$$

Калорийность за счет углеводов должна быть равна:

$$\begin{array}{l} 2730 \text{ ккал} - 100\% \\ x - 56\% \end{array} \quad x = \frac{2730 \times 56}{100} = 1529 \text{ ккал}$$

3. Определить нормы питательных веществ в граммах путем деления количества энергии, полученной за счет отдельных питательных веществ, на калорический коэффициент, который равен:
для белков – 4,1 ккал на 1 г вещества;
для жиров – 9,3 ккал на 1 г вещества;
для углеводов – 4,1 ккал на 1 г вещества.

Таким образом, норма для белков будет равна – 382 ккал: 4,1 ккал = 93 г, для жиров – 88 г и для углеводов – 373 г.

4. Исходя из того, что усвояемость белков составляет 92%, жиров – 95% и углеводов – 93%, необходимо рассчитать фактический уровень пищевых веществ:

$$\begin{array}{l} \text{для белков } 93 \text{ г} - 92\% \\ x - 100\%; \end{array} \quad x = \frac{93 \times 100}{92} = 101 \text{ г}$$

$$\begin{array}{l} \text{для жиров } 88 \text{ г} - 95\% \\ x - 100\%; \end{array} \quad x = 93 \text{ г}$$

$$\begin{array}{l} \text{для углеводов } 373 \text{ г} - 93\% \\ x - 100\%. \end{array} \quad x = 401 \text{ г}$$

5. Определить суточный набор пищевых продуктов:

- 1) в целом;
- 2) с распределением на завтрак, обед и ужин, считая, что для взрослого человека
 - 1-й завтрак – 25% от всего рациона;
 - 2-й завтрак – 10%;
 - обед – 50%;
 - ужин – 15%.

6. Составить таблицу пищевого рациона и вычислить качественный состав и энергозатраты каждого приема пищи.

Оформление результатов. При оформлении результатов проведенной работы необходимо отметить: соответствие энергоемкости пищевого рациона собственным энергозатратам и соответствие поступивших в организм белков, жиров, углеводов и биологически активных веществ должным величинам.

На основании проведенного анализа дать рекомендации по оптимизации суточного рациона.

Контрольные вопросы

1. Что такое энергетический обмен организма?
2. Принципы рационального питания.
3. Что такое энергетическая ценность питания?

Лабораторная работа 3

Определение суточных энергозатрат хронометражно-табличным методом

Хронометражно-табличный метод является простым и быстрым методом определения суточных энергозатрат человека. Метод включает хронометраж отдельных видов деятельности человека за сутки и расчёт энергозатрат с помощью специальных таблиц как по отдельным видам деятельности, так и за сутки в целом. Указанный метод включает данные основного обмена.

Каждое состояние организма, каждый вид деятельности (сон, работа, отдых и т. д.) сопровождаются определенными по величине затратами энергии, которые образуют суммарную величину затрат энергии за сутки. Поэтому первым этапом определения этой величины является учет продолжительности отдельных состояний организма и видов деятельности на протяжении суток, т. е. определение **бюджета времени**.

Бюджет времени определяется: путем опроса, личных записей и хронометража. Обычно используется сочетание метода хронометража и личных записей. Необходимо, чтобы день, выбранный для хронометража, был типичным и выполняемые виды работ характеризовали среднюю физическую нагрузку. Если общая сумма времени, затраченного на все виды деятельности, будет равной 24 часам (1440 мин), следовательно, хронометраж проведён правильно.

Обработка данных хронометража заключается в суммировании времени, затраченного на однотипные виды работ, выполняемые в различные промежутки дня (например, ходьбу, приём пищи, отдых и т. д.). Данные хронометража заносят в рабочую табл. 4.

Цель работы – освоить методику хронометражно-табличного метода определения суточных энергозатрат человека.

Оснащение: таблицы расхода энергии на различные виды деятельности.

Ход работы

1. Начертить в тетради таблицу (табл. 4) с указанием основных режимных моментов обследуемого студента в течение суток.

2. Для определения расхода энергии пользуются данными табл. 5, в которой указаны энергозатраты в ккал на 1 кг массы тела в минуту (ккал/кг/мин) для отдельных видов состояния организма, деятельности и работы. Приведенные данные включают энергозатраты на основной обмен. Если тот или иной вид выполненной работы в табл. 5 не указан, берут вид деятельности, близкий к ней по характеру.

3. Время, затраченное на каждый вид деятельности, указанный в хронограмме, умножают на соответствующие табличные величины энергозатрат, расходуемых в одну минуту на 1 кг массы тела, и умножают на вес обследуемого. После чего суммируют энергозатраты по разным видам деятельности и находят суточный расход энергии данного человека в килокалориях. Полученную величину **округляют до целого числа.**

4. В целях покрытия расхода энергии на произвольные и неучтенные движения и компенсации других неточностей метода найденный суточный расход энергии следует увеличить на 5%.

Таблица 4

Определение суточного расхода энергии хронометражно-табличным методом (вес...кг)

№	Вид деятельности	Продолжительность, мин	Расход энергии	
			ккал/кг/мин	вычисление расхода энергии (ккал/кг/мин) × масса тела × время
1.				
2.				
3.				
и т. д.				
		Итого		Итого +5%

Оформление результатов. Сделать заключение об энергозатратах студента. На основании проведенного анализа дать рекомендации по оптимизации суточного рациона.

Таблица 5

Расход энергии при различных видах деятельности
(включая основной обмен)

№ п/п	Вид деятельности	Энергозатраты ккал/кг/мин
1.	Сон	0,0155
Учебное время		
2.	Слушание лекций	0,0243
3.	Практические занятия лабораторные	0,0360
4.	Практические занятия семинарские	0,0250
5.	Практические занятия семинарско-лабораторные	0,0300
6.	Перерывы	0,0258
Внеучебное время		
7.	Подготовка к занятиям	0,0250
8.	Сбор на занятия	0,0455
9.	Дорога:	
	ходьба по асфальтовой дороге (4–5 км/час)	0,0597
	ходьба по полевой дороге (4–5 км/час)	0,0626
	ходьба по снежной дороге	0,0914
	ходьба со скоростью 6 км/час	0,0714
	ходьба со скоростью 8 км/час	0,1371
	езда в транспорте	0,0267
Домашняя работа		
10.	Мытье пола	0,0548
11.	Мытье посуды	0,0343
12.	Вытирание пыли	0,0411
13.	Подметание пола	0,0402
14.	Глажение белья	0,0323
15.	Стирка белья вручную	0,0511
16.	Шитье, ручное вязание	0,0265
17.	Покупка товаров, продуктов	0,0450
18.	Уход за детьми	0,0360
19.	Работа в личном подсобном хозяйстве	0,0757
20.	Пилка дров	0,1143
21.	Хозяйственная работа	0,0573
22.	Приготовление пищи	0,0330
23.	Уход за помещением, мебелью, бытовыми приборами	0,0402

№ п/п	Вид деятельности	Энергозатраты ккал/кг/мин
Самообслуживание		
24.	Уборка постели	0,0329
25.	Прием пищи сидя	0,0236
26.	Умывание (по пояс)	0,0504
27.	Душ	0,0570
28.	Личная гигиена	0,0329
29.	Чистка одежды и обуви	0,0493
30.	Одевание и раздевание одежды и обуви	0,0264
Свободное время		
31.	Отдых стоя	0,0264
32.	Отдых сидя	0,0229
33.	Отдых лежа (без сна)	0,0183
34.	Чтение молча	0,0230
35.	Чтение вслух	0,0250
36.	Писание писем	0,0240
37.	Танцы легкие	0,0596
38.	Танцы энергичные	0,1614
39.	Пение	0,0290
40.	Игра в шахматы	0,0242
41.	Общественная работа	0,0490
42.	Воскресники (уборка территории)	0,0690
43.	Занятия физкультурой и спортом:	
	утренняя гимнастика (физические упражнения)	0,0648
	бадминтон	0,0833
	бильярд	0,0416
	бейсбол	0,0657
	баскетбол	0,2042
	бокс	0,2142
	верховая езда	0,0914
	волейбол	0,0773
	бег со скоростью 8 км/час	0,1357
	бег со скоростью 180 м/мин	0,1780
	бег со скоростью 320 м/мин	0,3200

№ п/п	Вид деятельности	Энергозатраты ккал/кг/мин
	гимнастика (вольные упражнения)	0,0845
	гимнастика (занятия на снарядах)	0,1280
	гольф	0,0742
	гребля	0,1100
	дзюдо	0,3252
	езда на велосипеде (13–21 км/час)	0,1285
	катание на коньках	0,1017
	лыжный спорт (подготовка лыж)	0,0546
	лыжный спорт (передвижение по пересеченной местности)	0,2086
	лыжный спорт (учебные занятия)	0,1707
	мотобол	0,1485
	плавание	0,1190
	регби	0,1957
	ручной мяч	0,1957
	стрелковые занятия с ружьем	0,0893
	теннис	0,1095
	теннис настольный	0,0666
	футбол	0,1190
	хоккей на льду	0,4000
Работа на производстве		
44.	Работа бетонщика	0,0856
45.	Умственный труд	0,0243
46.	Работа врача-хирурга	0,0855
47.	Работа в лаборатории стоя	0,0360
48.	Работа в лаборатории сидя	0,0250
49.	Работа в научной лаборатории	0,0309
50.	Работа каменщика	0,0952
51.	Работа на комбайне	0,0378
52.	Работа в учреждении	0,0257
53.	Вождение транспортных средств	0,0228
54.	Пошив одежды	0,0414
55.	Работа в сфере обслуживания (ремонт)	0,0328
56.	Работа парикмахера	0,0333

№ п/п	Вид деятельности	Энергозатраты ккал/кг/мин
57.	Работа в столовой	0,0566
58.	Работа в пекарне	0,0383
59.	Работа на пивзаводе	0,0450
60.	Работа в прачечной	0,0566
61.	Работа в легкой промышленности	0,0466
62.	Работа медсестры, санитаря	0,0550
63.	Работа плотника	0,0833
64.	Работа почтальона	0,0857
65.	Работа сапожника	0,0429
66.	Работа в сельском хозяйстве	0,0785
67.	Работа столяра	0,0571
68.	Работа слесаря	0,0500
69.	Работа на счетной машине	0,0247
70.	Работа текстильщика	0,0450
71.	Работа химика-аппаратчика	0,0504
72.	Работа шахтера (добыча угля комбайном)	0,0504
73.	Работа шахтера (добыча угля отбойным молотком)	0,0713
74.	Работа шофера на грузовой машине	0,0466

Контрольные вопросы

1. Что такое гиподинамия?
2. Что такое гипердинамия?
3. Что такое пищевой статус?

Лабораторная работа 4

Определение суточных энергозатрат скорым методом

Для ориентировочного определения суточных энергозатрат взрослого трудоспособного населения существует скорый метод, учитывающий коэффициент физической активности (КФА) и величину основного обмена (ВОО). Коэффициент физической активности (КФА) – это отношение суточных энергозатрат к величине основного обмена.

Цель работы – освоить методику определения суточных энергозатрат скорым методом.

Оснащение: таблицы коэффициентов физической активности и расхода энергии на основной обмен.

Ход работы

Для расчета суточных энергозатрат необходимо умножить величину коэффициента физической активности, соответствующего определенной профессиональной группе (табл. 6) на величину основного обмена с учетом пола, возраста и массы тела (табл. 7):

$$\Sigma = \text{КФА} \times \text{ВОО}.$$

Найдите по таблицам величины КФА и ВОО и рассчитайте суточные энергозатраты.

Таблица 6

Коэффициенты физической активности (КФА)

Группа труда	КФА	
	мужчины	женщины
I	1,4	1,4
II	1,6	1,6
III	1,9	1,9
IV	2,2	2,2
V	2,4	—

Таблица 7

Расход энергии на основной обмен

Основной обмен, ккал/сут									
мужчины					женщины				
возраст					возраст				
масса тела, кг	18–29 лет	30–39 лет	40–59 лет	60–74 года	масса тела, кг	18–29 лет	30–39 лет	40–59 лет	60–74 года
50	1450	1370	1280	1180	40	1080	1050	1020	960
55	1520	1430	1350	1240	45	1150	1120	1080	1030
60	1590	1500	1410	1300	50	1230	1190	1160	1100
65	1670	1570	1480	1360	55	1300	1260	1220	1160
70	1750	1650	1550	1430	60	1380	1340	1300	1230
75	1830	1720	1620	1500	65	1450	1410	1370	1290
80	1920	1810	1700	1570	70	1530	1490	1440	1360
85	2010	1900	1788	1640	75	1600	1550	1510	1430
90	2110	1990	1870	1720	80	1680	1630	1580	1500

Сравните и проанализируйте полученную величину с величиной энергозатрат, определенной хронометражно-табличным методом.

Примечание. Организация и построение рационального здорового питания населения в настоящее время проводится на основе «Норм физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения» (1991).

Взрослое трудоспособное население в зависимости от характера деятельности в Нормах разделено на 5 групп для мужчин и 4 группы для женщин.

I группа – работники преимущественно умственного труда, очень легкая физическая активность, коэффициент физической активности (КФА) – 1,4 (научные работники, студенты гуманитарных специальностей, операторы ЭВМ, контролеры, педагоги, диспетчеры, работники пультов управления и др.).

II группа – работники, занятые легким трудом, легкая физическая активность, КФА – 1,6 (водители трамваев, троллейбусов, работники конвейеров, весовщицы, упаковщицы, швейники, работники радиоэлектронной промышленности, агрономы, медсестры, санитарки, работники связи, сферы обслуживания, продавцы протмтоваров и др.).

III группа – работники средней тяжести труда, средняя физическая активность, КФА – 1,9 (слесари, наладчики, настройщики, станочники, буровики, водители экскаваторов и бульдозеров, водители автобусов, врачи-хирурги, текстильщики, обувщики, железнодорожники, водители угольных комбайнов, продавцы продтоваров, водники, аппаратчики, металлурги-доменщики, работники химических заводов и др.).

IV группа – работники тяжелого физического труда, высокая физическая активность, КФА – 2,2 (строительные рабочие, помощники буровиков, проходчики, основная масса сельскохозяйственных рабочих и механизаторов, доярки, овощеводы, деревообработчики, металлурги и литейщики и др.)

V группа – работники особо тяжелого физического труда, очень высокая физическая активность, КФА – 2,4 (механизаторы и сельскохозяйственные рабочие в посевной и уборочный период, горнорабочие, вальщики леса, бетонщики, каменщики, землекопы, грузчики немеханизированного труда, олениводы и др.)

В приведённом распределении трудоспособного населения по группам интенсивности труда величины коэффициента физической активности труда как главной физиологической характеристики группы одинаковы для мужчин и женщин. Однако, в связи с меньшей величиной массы тела и соответственно основного обмена, энергетическая ценность рационов для мужчин и женщин в группах с одним и тем же коэффициентом физической активности различна. При расчете Норм использовалась масса тела для мужчин 70 кг, для женщин – 60 кг.

Каждая из групп дифференцирована на три возрастные категории: 18–29, 30–39 и 40–59 лет. Потребности лиц старше 59 лет дифференцированы по двум возрастным категориям: 60–74 и 75 и старше.

Оформление результатов. Сделать заключение об энергозатратах обследуемого человека. На основании проведенного анализа дать рекомендации по оптимизации суточного рациона.

Контрольные вопросы

1. Что такое рациональное здоровое питание?
2. Что такое режим питания?
3. Что такое физиологические нормы питания?

Лабораторная работа 5

Оценка пищевого статуса по антропометрическим показателям

Пищевой статус характеризует состав и функции организма человека, обусловленные питанием. Пищевой статус может быть обычным, оптимальным, избыточным или недостаточным.

Оценка пищевого статуса проводится по антропометрическим (рост, масса тела и др.), клиническим, функциональным, иммунологическим показателям, а также по биохимическим данным состояния белкового, жирового, углеводного, минерального и витаминного обменов, определению нутриентов в крови, моче и др.

Цель работы – освоить методику оценки пищевого статуса по антропометрическим показателям.

Оснащение: таблицы рекомендуемых и предельно допустимых масс тела.

Ход работы

Важнейшим показателем соответствия питания и состояния здоровья организма является **масса тела**. Для определения массы тела и её оценки существует ряд методов.

Определение массы тела путем взвешивания

Измерение массы тела проводят взвешиванием на весах с точностью до 100 г. Полученные данные сопоставляются с «идеальными», т. е. с рекомендуемыми **как норма** (прил. 2) или **с предельно допустимой массой тела** в зависимости от пола, возраста и роста (прил. 3).

При использовании таблицы **идеальной массы** ожирением считают увеличение массы тела на 15% и более, а при использовании таблицы **максимально нормальной массы** тела – на 10% и выше.

Различают 4 степени ожирения: I степень – избыток массы тела на 10–30%, II степень – на 30–50%, III степень – на 50–100% и IV степень – на 100% и выше.

Определение нормальной массы тела расчётными способами

– по формуле Брока:

Масса (кг) = рост (см) – 100 (при росте до 165 см);

Масса (кг) = рост (см) – 105 (при росте 165–175 см);

Масса (кг) = рост (см) – 110 (при росте более 175 см);

– по индексу Брейтмана:

Масса тела (кг) = рост (см) × 0,7 – 50;

– по специальной формуле:

Масса тела (кг) = $\frac{\text{рост (см)} \times \text{окружность грудной клетки (см)}}{240}$.

Определение индекса массы тела

В настоящее время в международной и отечественной практике применяется высокоинформативный и простой показатель – индекс массы тела (ИМТ), называемый также **индексом Кетле**.

Индекс массы тела (ИМТ) = $\frac{\text{масса тела (кг)}}{\text{рост}^2 \text{ (м)}}$.

Характеристика показателей индекса массы тела, принятая в России, в кг/м²:

менее 20 – недостаточная масса тела;
20–24,9 – нормальная масса тела;
25–29,9 – избыточная масса тела;
30–34,9 – ожирение I степени (легкое);
35–39,9 – ожирение II степени (умеренное);
40 и более – ожирение III степени (тяжелое).

В соответствии с рекомендациями экспертов ВОЗ, нижняя граница нормальной массы тела – $18,5 \text{ кг/м}^2$. Выделены три степени недостаточности массы тела в соответствии с ИМТ:

$17,0–18,49 \text{ кг/м}^2$ – 1-я степень (легкая);
 $16,0–16,99 \text{ кг/м}^2$ – 2-я степень (умеренная);
менее $16,0 \text{ кг/м}^2$ – 3-я степень (тяжелая).

Оформление результатов работы. Оценить пищевой статус по антропометрическим показателям. На основании проведённого анализа дать рекомендации по оптимизации суточного рациона.

Контрольные вопросы

1. Что такое энергетический обмен организма?
2. Из каких видов складываются суточные энергозатраты человека?
3. Какие методы служат для определения энергозатрат?

Библиографический список

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М. : Медицина, 1998. – 752 с.
2. Биохимия : учеб. для институтов физ. культуры / под ред. В.В. Меньшикова, Н.И. Волкова. – М. : Физкультура и спорт, 1986. – 384 с.
3. Волков, Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков [и др.]. – Киев : Олимпийская деревня, 2000. – 503 с.
4. Мелихова, М.А. Динамика биохимических процессов в организме человека при мышечной деятельности : учеб. пособие / М.А. Мелихова. – М. : ГЦОЛИФК, 1992. – 59 с.
5. Михайлов, С.С. Спортивная биохимия : учеб. для вузов и колледжей физической культуры / С.С. Михайлов. – 5-е изд., измен. и доп. – М. : Советский спорт, 2009. – 348 с.
6. Михайлов, С.С. Биохимические основы спортивной работоспособности : учеб.-метод. пособие / С.С. Михайлов. – СПб. : СПб-ГАФК, 2004. – 108 с.
7. Таймазов, В.А. Биоэнергетика спорта / В.А. Таймазов, А.Т. Марьянович. – СПб. : Шатон, 2002. – 139 с.
8. Яковлев, Н.Н. Биохимия спорта / Н.Н. Яковлев. – М. : Физкультура и спорт, 1974. – 344 с.

Приложение 1
Химический состав наиболее часто используемых пищевых продуктов (в пересчете на 100 г съедобной части продукта)

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Калий, мг	Железо, мг	Витамин А, мг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал	
Крупа											
Манная	11,3	0,7	73,3	20	120	2,3	0	0,14	0	326	
Пшеничная	12,6	2,6	68	70	167	8	0	0,53	0	329	
Рисовая	7,0	0,6	77,3	24	54	1,8	0	0,08	0	323	
Шпелено	12,0	2,9	69,3	27	201	7,0	0	0,62	0	334	
Тюльено	12,2	5,8	68,3	351	58	32,8	10,7	0,22	0	357	
Овсяная	11,9	5,8	65,4	292	64	3,9	0	0,49	0	345	
Овсяные хлопья «Геркулес»	13,1	6,2	65,7	0	52	363	7,8	0,45	0	355	
Перловая	9,3	1,1	73,7	172	38	3,3	0	0,12	0	324	
Кукурузная	8,3	1,2	75,0	147	20	109	2,7	0,13	0	325	
Ячменная	10,4	1,3	71,7	0	0	343	1,6	0,27	0	322	
Горох лущеный	23	1,6	57,7	731	89	226	7,0	0,9	0	323	
Макаронные изделия											
Высшего сорта	10,4	0,9	75,2	124	18	87	1,2	0	0,17	0	332
1-го сорта	10,7	1,3	74,2	172	24	116	2,1	0	0,25	0	333
С увеличенным содержанием яиц	11,8	2,4	72,5	140	25	114	1,7	0	0,17	0	341
Хлеб ржаной простой	6,5	1,0	40,1	206	38	156	2,6	0	0,18	0	190
Хлеб ржаной-пшеничный простой	7,0	1,1	40,3	195	37	178	2,7	0	0,19	0	193

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Калий, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мкг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Хлеб украинский подопный	7,3	1,2	45,4	147	33	179	2,7	0	0,17	0	213
Хлеб швейцарский формовый	8,1	1,2	42,0	185	37	218	2,8	0	0,21	0	203
Батоны простые паровые	7,4	2,9	51,4	125	25	82	1,5	0	0,15	0	250
Батоны паровые молочные	8,2	1,5	53,2	149	45	97	1,6	0	0,16	0	247
Вареники простые	10,4	1,3	68,7	175	33	114	2,2	0	0,22	0	312
Сухари простые	11,0	1,3	73,0	185	36	121	2,3	0	0,23	0	330
Сухари слоенные	8,5	10,6	71,3	109	24	75	1,1	0	0,12	0	397
Сахар-песок	0	0	99,8	3	2	сл.	0,3	0	0	0	374
Сахар-рафинад	0	0	99,9	сл.	сл.	сл.	сл.	0	0	0	375
Ядро ореха кешью	25,2	53,6	12,6	0	47	206	0	0	0	0	631
Ядро миндаля	18,6	57,7	16,2	773	274	465	4,0	0	0,25	0	645
Ядро ореха фундука	16,1	66,9	9,9	0	0	0	0	0	0	0	704
Карамель молочная	сл.	0,1	94,7	2	14	6	0,2	0	0	0	362
Карамель с фруктово-ягодными наполнителями	0,1	0,1	92,1	2	15	8	0,2	0	0	0	348
Джемы ореховые	11,9	38,3	41	743	140	327	3,4	0	сл.	0	548
Джемы сахарные	0	сл.	96,3	3	3	0,3	0	0	0	0	369
Шоколад молочный	6,9	35,7	52,4	543	187	235	1,8	сл.	0,05	0	547
Шоколад молочный-сливочный	7,6	37,2	50,8	445	215	226	1,3	сл.	0,06	0	557

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мкг	Витамин В1, мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Шоколад молочный-ореховый	7,3	34,5	53,1	150	222	1,8	с.л.	0,05	0	541
Шоколад молочный-молочный	6,9	35,5	52,3	177	235	1,8	0	0,05	0	545
Какао-порошок	24,2	17,5	27,9	18	771	11,7	0	0,1	0	373
Кофе в зернах	13,9	14,4	6,9	147	198	5,3	0	0,07	0	223
Кофе растворимый	15,0	3,6	7,0	100	250	6,1	0	0	0	119
Чай черный байховый	20,0	0	10,9	495	825	82	0	0,07	10	109
Конфеты фруктово-шоколадные	с.л.	с.л.	90,6	6	3	0,3	0	0	0	341
Конфеты молочные	2,7	4,3	82,3	124	86	0,4	с.л.	0,01	0	338
Ирис полутвердый	3,3	7,5	81,8	148	151	0,4	0,01	0,02	0	387
Мармелад фруктово-ягодный	0,4	с.л.	76	11	12	0,4	0	с.л.	0	289
Паста	0,5	с.л.	80,4	11	5	0,4	0	с.л.	0	305
Зефир	0,8	с.л.	78,3	9	8	0,3	0	с.л.	0	299
Халва тахинная	12,7	29,9	50,6	824	402	50,1	0	0	0	510
Халва подсолнечная	11,6	29,7	54	211	292	33,2	0	0,8	0	516
Печенье сахарное	7,5	11,8	74,4	20	69	1,0	с.л.	0,08	0	417
Печенье сдобное	10,4	5,2	76,8	43	122	1,8	с.л.	0,08	0	376
Ганетки	9,7	10,2	68,4	18	80	1,1	с.л.	0,08	0	
Вафли с фруктовыми начинками	3,2	2,8	80,1	33	33	0,6	0	0,04	0	342
Пряники	6,2	2,0	77,1	11	50	0,7	0	0,09	0	332
Пирожное бисквитное	4,7	9,3	64,2	30	68	1,0	0,07	0,1	0	344

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Калорий, ккал	Калорий, ккал	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мкг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Пирожное заварное	5,9	10,2	55,2	108	63	87	1,1	0,07	0,1	0	0	322
Можжео пастеризованное	2,8	3,2	4,7	146	121	91	0,1	0,02	0,03	1,0	1,0	58
Можжео обезжиренное	3,0	0,05	4,7	152	126	95	0,1	стл.	0,04	0,4	0,4	31
Можжео стерилизованное	2,9	3,5	4,4	146	121	91	0,1	0,02	0,02	0,6	0,6	61
Можжео стерилизованное 3,2% жирности	2,8	3,2	4,7	146	124	92	0,1	0,02	0,02	0,6	0,6	58
Сливки 10% жирности	3,0	10	4	124	90	62	0,1	0,06	0,03	0,5	0,5	118
Сливки 20% жирности	2,8	20,0	3,6	109	86	60	0,2	0,15	0,03	0,3	0,3	205
Сливки 35% жирности	2,5	35,0	3,090	86	58	0,2	0,25	0,02	0,02	0,2	0,2	337
Сметана 20% жирности	2,8	20,0	3,2	109	86	60	0,2	0,15	0,03	0,3	0,3	206
Сметана 40% жирности	2,6	30,0	2,8	95	85	59	0,3	0,23	0,02	0,2	0,2	293
Творог жирный	14,0	18,0	1,3	112	150	217	0,4	0,1	0,05	0,5	0,5	226
Творог полужирный	16,7	9,0	1,3	112	164	220	0,4	0,05	0,04	0,5	0,5	156
Творог нежирный	18,0	0,6	1,5	115	176	224	0,3	0,04	стл.	0,5	0,5	86
Масса творожная	7,1	23,0	27,5	112	135	200	0,4	0,1	0,03	0,5	0,5	340
Сырки глазированные	8,5	27,5	32	181	137	213	1,3	0,1	0,03	0,5	0,5	406
Кефир жирный	2,8	3,2	4,1	146	120	95	0,1	0,02	0,03	0,7	0,7	59
Кефир нежирный	3,0	0,05	3,8	152	126	95	0,1	стл.	0,04	0,7	0,7	30
Простокваша обезжиренная	2,8	3,2	4,1	146	121	94	0,1	0,02	0,03	0,8	0,8	58
Простокваша нежирная	3,0	0,05	3,8	152	126	95	0,1	стл.	0,04	0,8	0,8	30
Йогурт 1,5% жирности сладкий	5,0	1,5	8,5	150	124	95	0,1	0,01	0,03	0,6	0,6	70
Йогурт 3,2% жирности сладкий	5,0	3,2	8,5	140	119	91	0,1	0,02	0,03	0,6	0,6	85
Йогурт 6% жирности сладкий	5,0	6,0	8,5	137	122	92	0,1	0,03	0,03	0,6	0,6	111

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мкг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Резерва 6% жирности	3,0	6,0	4,1	146	174	92	0,1	0,04	0,02	0,3	85
Молоко ступенное сгущенное	7,0	7,9	9,5	308	242	204	0,2	0,03	0,06	1,2	135
Молоко ступенное с сахаром	7,2	8,5	12,5	380	307	219	0,2	0,03	0,06	1,0	315
Масло сливочное	0,6	82,5	0,9	23	22	19	0,2	0,5	сж	0	748
Масло сливочное вологодское	0,9	82,5	0,6	23	22	19	0,2	0,52	сж	0	748
Масло крестьянское	1,3	72,5	0,9	26	24	20	0,2	0,4	0,01	0	661
Масло топленое	0,3	98,0	0,6	0	0	0	0	0,6	0	0	887
Сыры											
Полумягкий	26,8	27,3	0	130	1040	544	0	0,21	0,03	2,8	361
Полужесткий	26,0	26,5	0	0	1050	480	0	0,23	0,03	2,8	350
Российский	23,4	30,0	0	116	1000	544	0,6	0,26	0,04	1,6	371
Брынза из коровьего молока	17,9	20,1	0	0	530	210	0	0	0,04	1,0	260
Сулугуни	19,5	22,0	0	0	0	0	0	0	0	0	285
Коблени	23,0	19,0	0	0	0	0	0	0	0	0	270
Плавленый сыр «Нормаль»	23,0	19,0	0	200	686	0	0	0	0,01	0	270
Мягкие сыры											
Моложное	3,2	3,5	21,3	148	136	101	0,1	0,02	0,03	0,4	125
Сливочное	3,3	10,0	19,8	156	148	107	0,1	0,04	0,03	0,6	178
Швейцар	3,2	15,0	20,8	162	159	114	0,2	0,06	0,03	0,4	226
Сельва итальянская	20,7	52,9	5,0	647	367	530	61	0	1,84	0	578
Арапис	26,3	45,2	9,7	638	76	350	5	0	0,74	5,34	548
Майонез	3,1	67,0	3,2	48	28	50	0	0	0	0	627

Продукт	Бешка, г	Жирак, г	Углеходы, г	Кашык, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мг	Витамин В1, мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Мясно молочное рафинированное	0	99,9	0	0	0	0	0	0	0	0	899
Мясно осликоное рафинированное	0	99,9	0	0	0	0	0	0	0	0	899
Овощи, картофель, плоды, ягоды в клубя											
Баклажаны	0,6	0,1	5,5	238	15	34	0,4	0,02	0,04	5,0	24
Горошек зеленый	5,0	0,2	13,3	285	26	122	0,7	0,4	0,34	25	72
Кабачки	0,6	0,3	5,7	238	15	12	0,4	0,03	0,03	15	27
Капуста белокочанная	1,8	0	5,4	185	48	31	1,0	0,02	0,06	50	28
Капуста краснокочанная	1,8	0	6,1	302	53	32	0,6	0,1	0,05	60	31
Капуста броссельская	4,8	0	6,7	375	34	78	1,3	0,3	0,1	120	46
Капуста цветная	2,5	0	4,9	210	26	51	1,4	0,02	0,1	70	29
Картофель	2,0	0,1	19,7	568	10	58	0,9	0,02	0,12	20	83
Лук зеленый (перо)	1,3	0	4,3	239	121	26	1,0	0,02	0,02	30	22
Лук репчатый	1,7	0	9,5	175	31	58	0,8	0	0,05	10	43
Морковь красная	1,3	0,1	7,0	200	51	55	1,2	9,0	0,06	5	33
Морковь желтая	1,3	0,1	7,0	234	46	60	1,4	1,1	0,1	5	33
Огурцы	0,8	0	3,0	141	23	42	0,9	0,06	0,03	10	15
Патиссоны	0,6	0	4,3	0	0	0	0	0	0,03	23	19
Петрушка зеленый	1,3	0	4,7	139	6	25	0,8	1,0	0,06	150	23
Петрушка красный	1,3	0	5,7	163	8	16	0	2,0	0,1	250	27
Петрушка (зелень)	3,7	0	8,1	340	245	95	1,9	1,7	0,05	150	45
Петрушка (корень)	1,5	0	11,0	262	86	82	1,8	0,01	0,08	35	47
Пастернак (корень)	1,4	0	11,0	342	57	73	0,7	0,02	0,08	20	47
Резань	0,7	0	2,9	325	44	25	0,6	0,06	0,01	10	16
Редис	1,2	0	4,1	255	39	44	1,0	0	0,01	25	20
Редиска	1,9	0	7,0	357	35	26	1,2	0,02	0,03	29	34

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кашей, мг	Калорий, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мг	Витамин В1, мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Салат	1,5	0	2,2	220	77	40	0,6	1,75	0,03	15	14
Сметана	1,7	0	10,8	288	37	43	1,4	0,01	0,02	10	48
Томаты	0,6	0	4,2	290	14	26	1,4	1,2	0,06	25	19
Укроп	2,5	0,5	4,5	335	223	93	1,6	1,0	0,03	100	32
Фасоль (стручков)	4,0	0	4,3	0	65	44	1,1	0,4	0,1	20	32
Чеснок	6,5	0	21,2	260	90	140	1,5	0	0,08	10	106
Щавель	1,5	0	5,3	500	47	90	2,0	2,5	0,19	43	28
Арбуз	0,7	0	9,2	64	14	7	1,0	0,1	0,04	7	38
Дыня	0,6	0	9,6	118	16	12	1,0	0,4	0,04	20	39
Тыква	1,0	0	6,5	170	40	25	0,8	1,5	0,05	8	29
Абрикосы	0,9	0	10,5	305	28	26	2,1	1,6	0,03	10	46
Алыча	0,4	0	11,8	321	16	11	0,3	0,04	0,08	40	48
Бананы	1,5	0	22,4	348	8	28	0,6	0,12	0,04	10	91
Виноград	0,8	0	11,3	256	37	30	1,4	0,1	0,03	15	49
Груша	0,9	0	11,8	0	0	0	0	0	0,04	4	52
Груша	0,4	0	10,7	155	19	16	2,3	0,01	0,02	5	42
Персики	0,9	0	10,4	363	20	34	4,1	0,5	0,04	10	44
Слива	0,8	0	9,9	214	28	27	2,1	0,1	0,06	10	43
Финики	2,5	0	72,1	370	65	56	1,5	0	0,05	0,3	281
Черешня	1,1	0	12,3	233	33	28	1,8	0,15	0,01	15	52
Яблоки	0,4	0	11,3	248	16	11	2,2	0,03	0,01	13	46
Апельсин	0,9	0	8,4	197	34	23	0,3	0,05	0,04	60	38
Грейпфрут	0,9	0	7,3	184	23	18	0,5	0,02	0,04	60	35
Лимон	0,9	0	3,6	163	40	22	0,6	0,01	0,04	40	31
Мандарин	0,8	0	8,6	155	35	17	0,1	0,06	0,06	38	38
Виноград	0,4	0	17,5	255	45	22	0,6	0	0,05	6	69
Земляника (сладкая)	1,8	0	8,1	161	40	23	1,2	0,03	0,03	60	41

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Клоссы	0,5	0	4,8	119	14	11	0,6	0	0,02	15	28
Круассанык	0,7	0	9,9	260	22	28	1,6	0,2	0,01	30	44
Машина	0,8	0	9,0	224	40	37	1,6	0,2	0,02	25	41
Объемная	0,9	0	5,5	0	0	0	0	10,0	0,1	200	30
Смородина белая	0,3	0	8,7	0	36	0	0	0,04	0,01	40	39
Смородина красная	0,6	0	8,0	275	36	33	0,9	0,2	0,01	25	38
Смородина черная	1,0	0	8,0	372	36	33	1,3	0,1	0,02	200	40
Черника	1,1	0	8,6	51	16	13	7,0	0	0,01	10	40
Шиповник (свежий)	1,6	0	24,0	23	26	8	11,5	2,6	0,05	470	101
Шиповник (сухой)	4,0	0	60,0	58	66	20	28,0	6,7	0,15	1200	253
Грибы белые свежие	3,2	0,7	1,6	0	27	89	5,2	0	0,02	90	25
Грибы белые сушеные	27,6	6,8	10,0	0	184	606	35,0	0	0,27	150	209
Львочий свежий	1,6	0,9	2,1	0	0	0	0	0	0,01	34	22
Масло свежее	0,9	0,4	3,2	0	0	0	0	0	0,03	12	19
Опята свежие	2,2	0,7	1,3	0	0	0	0	0	0,02	11	20
Рыжиковые свежие	1,9	0,8	2,0	0	2,0	41	2,7	0	0,07	6	22
Березовый I категории	16,3	15,3	0	270	9	178	2,0	0	0,08	с.л.	203
Березовый II категории	20,8	9,0	0	345	11	215	2,3	0	0,09	с.л.	164
Говядина I категории	18,9	12,4	0	315	9	198	2,6	с.л.	0,06	с.л.	187
Говядина II категории	20,2	7,0	0	334	10	210	2,8	с.л.	0,07	с.л.	187
Мясо кролика	20,7	12,9	0	364	7	246	4,4	0	0,08	0	199
Свинина жирная	11,4	49,3	0	189	6	130	1,3	0	0,4	с.л.	489
Свинина мясная	14,6	33,0	0	242	7	164	1,6	0	0,52	с.л.	355
Телятина	19,7	1,2	0	344	11	189	1,7	с.л.	0,14	с.л.	90
Шпик свиной соленый	1,4	90,0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	816
Печень говяжья	17,4	3,1	0	190	10	342	6,0	0,01	0,12	с.л.	124

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кашей, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мкг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Сердце говяжье	15,0	3,0	0	0	15	84	3,0	0	0,15	0	97
Почки говяжьи	12,5	1,8	0	240	5	339	9,0	3,83	0,3	33	98
Язык говяжий	13,6	12,1	0	0	7	162	4,5	0	0	0	137
Печень свиная	18,8	3,6	0	0	9	230	9,1	0	0	0	92
Сердце свиное	15,1	3,2	0	179	8	233	8,0	0,1	0,29	10	80
Почки свиные	13,0	2,7	0	250	7	353	12,0	3,45	0,24	21	108
Язык свиной	14,2	16,8	0	0	19	81	2,9	0	0	0	211
Ковбаса докторская	13,7	22,8	0	243	29	178	1,7	0	0	0	260
Ковбаса любительская	12,2	28,0	0	211	7	146	1,7	0	0,25	0	301
Ковбаса молочная	11,7	22,8	0	250	40	169	1,7	0	0	0	252
Ковбаса хмельная	12,5	29,5	0	187	8	136	1,3	0	0	0	316
Ковбаса чайная	10,7	18,4	1,9	219	6	133	1,8	0	0,1	0	216
Сардельки	9,5	17,0	1,9	212	7	149	1,9	0	0	0	198
Сардельки свиные	10,1	31,6	1,9	215	6	139	1,2	0	0,25	0	332
Сосиски молочные	12,3	25,3	0	237	29	161	1,7	0	0	0	277
Сосиски свиные	11,8	30,8	0	242	7	164	1,6	0	0	0	324
Сервелат	28,2	27,5	0	367	8	243	2,7	0	0	0	360
Ковбаса краковская	16,2	44,6	0	309	9	204	2,3	0	0	0	466
Грудинка сырокопченая	7,6	66,8	0	208	7	143	1,4	0	0	0	632
Корейка сырокопченая	10,5	47,2	0	268	8	182	1,8	0	0	0	467
Ветчина свиная	22,6	20,9	0	400	12	268	2,6	0	0	0	279
Консервы мясные											
Говядина тушеная	16,8	18,3	0	284	9	178	2,4	0	0,02	0	232
Свинина тушеная	14,9	32,2	0	410	7	160	1,6	0	0,14	0	349
Бройлеры (долопта)	17,6	12,3	0,4	300	10	210	1,5	0,04	0,07	0	183
Г. котлеты											

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Бройлеры (приматта) II категории	19,7	5,2	0,5	390	12	250	1,5	0,03	0,08	0	127
Куры I категории	18,2	18,4	0,7	194	16	228	3,0	0,07	0,07	0	241
Куры II категории	20,8	8,8	0,6	240	20	298	3,0	0,07	0,07	0	165
Яйца куриные	12,7	11,5	0,7	153	55	185	2,7	0,35	0,07	0	157
Яйца перепелиные	11,9	13,1	0,6	0	68	219	4,0	0,47	0,11	0	168
Яичный порошок	45,0	37,5	7,1	560	200	770	13,0	0,9	0,25	0	542
Рыба свежая, охлажденная и мороженая											
Горбуша	21,0	7,0	0	315	48	0	2,9	0,03	0,06	с.л.	147
Зубатка песчаная	14,7	5,3	0	0	0	0	0	0	0	0	107
Карась	17,7	1,8	0	251	70	152	0,8	0	0	0	87
Клар	16,0	3,6	0	101	12	0	0	0,02	0,14	0	96
Лещ	17,1	4,1	0	284	26	0	0,3	0,03	0,12	0	105
Минтай	15,9	0,7	0	428	0	0	0,8	0	0,08	с.л.	70
Мойва	13,6	17,5	0	287	32	0	0,4	0	0,04	1,3	212
Налим	18,8	0,6	0	270	32	191	1,4	0	0	0	81
Окунь морской	17,6	5,2	0	246	36	213	0,5	0	0,11	с.л.	117
Окунь речной	18,5	0,9	0	275	50	270	0,7	0	0	0	82
Путассу	16,1	0,9	0	278	46	0	0,7	0	0	0	72
Сельдь атлантическая жирная	17,7	19,5	0	129	102	278	0,9	0,03	0,03	2,7	242
Сельдь атлантическая нежирная	19,1	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	135
Скумбрия атлантическая	18,0	9,0	0	283	37	278	2,3	с.л.	0,12	с.л.	153
Судак	19,0	0,8	0	187	27	0	0,4	с.л.	0,08	3,0	83
Треска	17,5	0,6	0	338	39	222	0,6	0,01	0,09	с.л.	75
Хек	16,6	2,2	0	257	20	0	0	0	0,12	3,2	86

Продукт	Белок, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мкг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Пшеница	18,8	0,7	0	0	0	0	0	0	0,11	1,6	82
Ячмень	19,0	4,5	0	234	80	211	0,9	0	0	0	117
Каша овсяная (фасоль)	18,0	0,3	0	321	43	0	0,9	0	0,18	0	75
Крахмал (картофель)	22,5	3,2	0	263	14	165	2,1	0	0,05	2,2	117
Крахмал (пшеница)	18,9	0,8	0	293	193	0	1,8	0	0	0	83
Макаронные изделия	0,9	0,2	3,0	968	40	55	16	0,15	0,04	2,0	5
Паста «Олео»	18,9	6,8	0	0	48	0	2,0	0	0	0	35
Хлеб белужья зерновка	27,2	14,2	0	0	0	0	0	1,05	0,12	0	237
Хлеб горбуши зерновка	31,2	11,7	0	264	75	426	2,0	0	0	0	230
Хлеб пшеницы зерновка	31,6	13,8	0	265	90	490	1,8	0,45	0	0	231
Хлеб овсяно-пшеничный	28,9	9,7	0	0	0	0	0	0,18	0,3	0	203
Хлеб сеченый пшеничный	25,1	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	123
Хлеб мюглингский	28,4	1,9	0	186	36	0	0	0,04	0,67	0	131
Готовые консервы натуральные											
Горбуша	20,9	5,8	0	260	185	230	0,9	0	0,03	0	138
Кета	21,5	4,8	0	334	161	239	1,3	0	0	0	131
Лосось тушеный	4,2	65,7	1,2	113	35	230	0	3,3	0,02	0	613
Скумбрия	16,4	21,4	0	0	0	0	0	0	0	0	258
Тунец	22,5	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	96
Готовые консервы в масле											
Сардины атлантические	17,9	19,7	0	0	0	0	0	0	0,02	0	249
Салма белоперчатковая	18,3	23,3	0	0	0	0	0	0	0,03	0	283
Скумбрия атлантическая	13,1	25,1	0	0	0	0	0	0	0	0	278
Ставрида атлантическая	18,8	18,5	0	0	0	0	0	0	0	0	242
Шпроты	17,4	32,4	0,4	349	297	348	0	0	0,05	0	364

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мг	Витамин В ₁ , мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Грибы консервы в томатном соусе											
Белки	12,8	8,1	5,2	0	0	0	0	0	0	0	145
Горбуша	14,5	5,1	6,9	0	0	0	0	0	0	0	130
Кальбаса	13,7	6,3	4,8	355	319	299	0	0	0,1	0	550
Лещ	15,3	7,4	2,6	367	424	320	0	0	0,020	0	139
Налим	14,2	3,3	5,3	0	0	0	0	0	0	0	106
Семга	12,4	8,7	4,1	383	356	295	0	0	0	0	145
Сом	12,9	6,3	4,3	386	384	437	0	0	0,03	0	126
Старода	14,8	8,3	7,3	0	0	0	0	0	0	0	161
Судак	14,0	5,3	3,7	120	507	246	0	0	0,02	0	119
Щука	14,2	4,0	3,6	432	379	386	0	0	0,03	0	108
Консервы овощные											
Горошек зеленый	3,1	0,2	7,1	135	16	53	0,7	0,3	0,11	10,0	41
Кукуруза цельных зерен	2,2	0,4	14,7	0	5	50	0,4	0,02	0,02	4,8	68
Фасоль стручковая	1,2	0,1	2,8	0	37	28	1,0	0,5	0,01	5,0	16
Смесь натуральных	1,2	0	7,1	288	15	29	0,6	сл.	0,01	4,0	32
Сладкая белая	2,1	0,2	2,3	0	21	32	0,7	0,03	0,05	14,9	19
Икра из баклажанов	1,7	13,3	6,9	305	43	71	7,0	0,92	0,03	7,0	154
Икра из кабачков	2,0	9,0	8,6	315	41	67	7,0	0,92	0,02	7,0	122
Томат-паста	4,8	0	18,9	878	78	68	2,3	2,0	0,07	45,0	96
Соус острый томатный	2,5	0	21,8	0	15,0	31	1,0	1,2	0	10,0	95
Опшик консервированный	1,8	16,3	5,2	0	0	0	0	0	0	0	174

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кашей, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамин А, мг	Витамин В1, мг	Витамин С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Фрукты сушеные											
Абрикосы с косточкой (ураж)	5,0	0	67,5	1781	166	152	12	3,5	0,1	4,0	278
Абрикосы без косточек (курага)	5,2	0	65,9	1717	160	146	12	3,5	0,1	4,0	272
Виноград (зеленый)	1,8	0	70,9	860	80	129	3	0	0,15	сл.	276
Виноград (красный)	2,3	0	71,2	860	80	129	3	сл.	0,15	сл.	279
Виноград (лиловый)	0	0	73,0	1280	185	150	7	0,2	0,09	20	286
Груша	2,3	0	62,1	872	107	92	13	сл.	0,03	8,0	246
Персики (курага)	3,0	0	68,5	2043	115	192	24	1,0	0,03	5,0	275
Слива (чернослав)	2,3	0	65,6	864	80	83	13	0,06	0,1	3,0	264
Яблоки	3,2	0	68,0	580	111	77	15	0,02	0,02	2,0	273
Фруктовые и овощные соки											
Абрикосовый	0,5	0	14,0	245	3	18	0,2	1,3	0,02	4,0	56
Апельсиновый	0,7	0	13,3	0	18	13	0,3	0,05	0,04	40,0	55
Виноградный	0,3	0	18,5	212	19	20	0,3	0	0,02	2,0	72
Виноградный	0,7	0	12,2	250	17	18	0,3	0,05	0,01	7,4	53
Грушевый	0,3	0	14,5	0	0	0	0	0	0,04	4,0	53
Грейпфрутовый	0,3	0	8,0	51	4	15	0,1	0	0,04	40,0	31
Мандариновый	0,8	0	9,6	0	0	0	0	0,03	0,04	25,0	41
Персиковый	0,3	0	16,8	0	0	0	0	0,3	0,02	6,0	65
Сливовый	0,3	0	16,1	0	0	0	0	0,15	0,01	4,0	65
Яблочный	0,5	0	11,7	100	8	9	0,2	0	0,01	2,0	47
Томатный	1,0	0	3,3	286	13	32	0,7	0,5	0,01	10,0	18
Свекольный	1,0	0	14,6	0	0	0	0	0	0	3,0	59

Продукт	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Кальций, мг	Кальций, мг	Фосфор, мг	Железо, мг	Витамины А, мг	Витамины В ₁ , мг	Витамины С, мг	Энергетическая ценность, ккал
Варенье из грецкого ореха	0,4	0	72,7	0	0	0	0	0	0	9,6	274
Варенье из груш	0,4			70	11	8	1,2	0	0	0	269
Варенье из клубники (с сахарной заливкой)	0,3	0	74,6	135	10	10	0,9	0,02	0,01	8,4	282
Варенье из малины	0,6	0	71,2	168	19	16	1,2	0,02	0,01	7,4	271
Варенье из яблок	0,4	0	68,7	124	11	7	1,3	0	0	1,4	260
Варенье из сливы	0,4	0	74,6	107	15	14	1,1	0	0,03	3,0	283
Джем из абрикосов	0,5	0	71,9	152	12	18	1	0,3	0	1,4	273
Джем из малины	0,3	0	72,1	78	0	0	0	0	0	10,6	273
Повидло абрикосовое	0,4	0	63,9	183	22	19	1,5	0	0	0	242
Повидло яблочное	0,4	0	65,3	149	14	9	1,8	0	0,01	0,5	247
Пюре из айвы	0,5	0	15,2	0	0	0	0	0	0	0	61

Варенье, джем, повидло

Рекомендуемая масса тела для мужчин и женщин в возрасте 25–30 лет

Рост, см	Мужчины			Женщины		
	Масса, кг			Рост, см	Масса, кг	
	Узкая грудная клетка (мужские)	Нормальная грудная клетка (нормостеники)	Широкая грудная клетка (гиперстеники)		Узкая грудная клетка (женские)	Нормальная грудная клетка (нормостеники)
155,0	49,3	56,0	62,2	152,5	47,8	54,0
157,5	51,7	58,0	64,0	155,0	49,2	55,2
160,0	53,5	60,0	66,0	157,0	50,8	57,0
162,5	55,3	61,7	68,0	160,0	52,1	58,5
165,0	57,1	63,5	69,5	162,5	53,8	60,0
167,5	59,3	65,8	71,8	165,0	55,3	61,8
170,0	60,5	67,8	73,8	167,5	56,6	63,0
172,5	63,3	69,7	76,8	170,0	57,8	64,0
175,0	65,3	71,7	77,8	172,5	59,0	65,2
177,5	67,3	73,8	79,8	175,0	60,3	66,5
180,0	68,9	75,2	81,2	177,5	61,5	67,7
182,5	70,9	77,2	83,6	180,0	62,7	68,9
185,0	72,8	79,2	85,2			

Примечание. В возрасте старше 30 лет допускается увеличение массы тела по сравнению с приведенными таблицами от 2,5 до 5 кг у женщин, от 2,5 до 6 кг у мужчин.

Определение предельно допустимой массы тела (кг) в зависимости от возраста (по М.Н. Егорову и Л.М. Левинскому)

Рост, см	Возраст, годы											
	20-29		30-39		40-49		50-59		60-69			
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
148	50,8	48,4	55,0	52,3	56,6	54,7	56,0	53,2	53,9	52,2		
150	51,3	48,9	56,7	53,9	58,1	56,0	58,0	55,7	57,3	54,8		
152	53,1	51,0	58,7	55,0	61,5	59,5	61,1	57,6	60,3	55,9		
154	55,3	53,0	61,6	59,1	64,5	62,4	63,8	60,2	61,9	59,0		
156	58,5	55,8	64,4	61,5	67,3	66,0	65,8	62,4	63,7	60,9		
158	61,2	58,1	67,3	64,1	70,4	67,9	68,0	64,5	67,0	62,4		
160	62,9	59,8	69,2	65,8	72,3	69,9	69,7	65,8	68,2	64,6		
162	64,6	61,6	71,0	68,5	74,4	72,2	72,7	68,7	69,1	66,5		
164	67,3	63,6	73,9	70,8	77,2	74,0	75,6	72,0	72,2	70,0		
166	68,8	65,2	74,5	71,8	78,0	76,5	76,3	73,8	74,3	71,5		
168	70,8	68,5	76,2	73,7	79,6	78,2	77,9	74,8	76,0	73,3		
170	72,7	69,2	77,7	75,8	81,0	79,8	79,6	76,8	76,9	75,0		
172	74,1	72,8	79,3	77,0	82,8	81,7	81,1	77,7	78,3	76,3		
174	77,5	74,3	80,8	79,0	84,4	83,7	82,5	79,4	79,3	78,0		
176	80,8	76,8	83,3	79,9	86,1	84,6	84,1	80,5	81,9	79,1		
178	83,0	78,2	85,6	82,4	88,0	86,1	86,5	82,4	82,8	80,9		
180	85,1	80,9	88,0	83,9	89,9	88,1	87,5	84,1	84,4	81,6		
182	87,2	83,3	90,6	87,7	91,4	89,3	89,5	86,5	85,4	82,9		
184	89,1	85,5	92,0	89,4	92,9	90,9	91,6	87,4	88,0	85,8		
186	93,1	89,2	95,0	91,0	96,6	92,9	92,8	89,6	89,0	87,3		
188	95,8	91,8	97,0	94,4	98,0	95,8	95,0	91,5	91,5	88,8		
190	97,1	92,3	99,5	96,6	100,7	97,4	99,4	95,6	94,8	92,9		

Содержание

Введение.....	3
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ.....	4
СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «БИОХИМИЯ».....	7
Раздел 1. Биохимия обмена веществ в организме человека.....	7
Раздел 2. Биохимические основы мышечной деятельности.....	11
Темы рефератов.....	15
Вопросы к зачету.....	15
КУРС ЛЕКЦИЙ.....	20
Раздел 1. Биохимия обмена веществ в организме человека	20
Тема 1.1. Химический состав организма человека	20
Тема 1.2. Общие закономерности обмена веществ в организме человека.....	29
Тема 1.3. Биокатализ.....	30
Тема 1.4. Биоэнергетика.....	33
Тема 1.5. Обмен углеводов.....	35
Тема 1.6. Обмен липидов.....	38
Тема 1.7. Обмен белков.....	39
Тема 1.8. Обмен нуклеиновых кислот.....	40
Тема 1.9. Обмен воды	43
Тема 1.10. Обмен минеральных соединений.....	45
Раздел 2. Биохимические основы мышечной деятельности.....	47
Тема 2.1. Биохимия мышц и мышечного сокращения.....	47
Тема 2.2. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности.....	52

Тема 2.3. Биохимические изменения в организме при мышечной деятельности.....	64
Тема 2.4. Биохимические основы утомления	73
Тема 2.5. Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы.....	76
Тема 2.6. Биохимические основы рационального питания при занятиях физической культурой и спортом.....	80
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....	93
Лабораторная работа 1. Определение должного основного обмена по данным роста, веса и возраста.....	93
Лабораторная работа 2. Биохимические основы питания спортсменов.....	100
Лабораторная работа 3. Определение суточных энергозатрат хронометражно-табличным методом.....	105
Лабораторная работа 4. Определение суточных энергозатрат скорым методом.....	110
Лабораторная работа 5. Оценка пищевого статуса по антропометрическим показателям.....	113
Библиографический список.....	116
Приложения.....	117

Учебное издание

Власов Валерий Николаевич

БИОХИМИЯ ЧЕЛОВЕКА

Сборник учебно-методических материалов
для студентов факультета физической культуры и спорта

Технический редактор *З.М. Малявина*

Корректор *Г.В. Данилова*

Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 13.01.2011. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 8,4. Уч.-изд. л. 7,8.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-52-10.

Тольяттинский государственный университет

445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14