

Е.А. Мадера, Н.Ю. Шунайлова

ОБЩАЯ БИОХИМИЯ
методические указания для студентов
педагогического факультета физической
культуры

Ижевск
2007

Федеральное агентство по образованию
ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»
Кафедра анатомии и физиологии человека и животных

Е.А. Мадера, Н.Ю. Шунайлова

ОБЩАЯ БИОХИМИЯ
методические указания для студентов
педагогического факультета физической
культуры

Ижевск
2007

УДК 577.1(07)
ББК 28.072р30
М 13

Мадера Е.А., Шунайлова Н.Ю.

М 13 **Общая биохимия. Методические указания для студентов педагогического факультета физической культуры / УдГУ. Ижевск, 2007. 65 с.**

Данные методические указания предназначены для студентов очного и заочного отделений педагогического факультета физической культуры. Содержат рекомендации по изучению основных разделов и тем, соответствующих программе курса биохимии в институтах физической культуры, планы самоподготовки студентов по каждой теме. В пособии изложены основные требования к изучению программного материала, приведены некоторые сведения, отсутствующие в учебнике, сформулированы контрольные вопросы и задания, позволяющие студенту проверить и закрепить свои знания.

УДК 577.1(07)
ББК 28.072р30
М 13

© Е.А. Мадера, Н.Ю. Шунайлова, 2007

СОДЕРЖАНИЕ:

Введение.....	4
Тема 1. Введение. Предмет биохимии, её значение для специалистов по физическому воспитанию и спорту.....	7
Тема 2. Химический состав организма человека.....	10
Тема 3. Углеводы.....	19
Тема 4. Липиды.....	22
Тема 5. Белки.....	26
Тема 6. Биокатализ.....	29
Тема 7. Общие закономерности обмена веществ в организме.....	36
Тема 8. Обмен углеводов.....	40
Тема 9. Обмен липидов.....	46
Тема 10. Обмен белков.....	50
Тема 11. Обмен воды и минеральных веществ.....	56
Тема 12. Взаимосвязь и регуляция процессов обмена веществ в организме.....	59

ВВЕДЕНИЕ. Учебное пособие предназначено студентам, обучающимся на очных и заочных педагогических факультетах физической культуры, с целью помочь и правильно организовать работу по изучению курса биохимии. Учебное пособие содержит основные разделы и темы, соответствующие программе курса биохимии в институтах физической культуры. В настоящем пособии содержатся планы самоподготовки студентов по каждой теме, изложены основные требования к изучению программного материала, приведены некоторые сведения, отсутствующие в учебнике, сформулированы контрольные вопросы и задания, позволяющие студенту проверить и закрепить свои знания.

Учебная работа проводится в форме лекций, семинарских и лабораторных занятий, в течение семестра для студентов очного отделения. В форме лекций во время установочных сессий, консультаций и самостоятельной работы в межсессионный период для студентов заочного отделения.

На лекциях освещаются основные вопросы программы и сообщаются современные научные данные, не нашедшие отражения в учебнике. Содержание лекций рекомендуется конспектировать и использовать эти записи в самостоятельной работе. Желательно также составление конспектов самостоятельно изучаемой литературы по курсу биохимии.

Лабораторные опыты выполняются на групповых занятиях. Выполняя лабораторную работу, студент должен записать в журнал ее название, цель, содержание опытов, наблюдения в ходе их проведения и выводы. Там, где это необходимо, записываются уравнения происходящих реакций, делаются расчеты по данным, полученным в ходе опыта.

Работая в лаборатории, необходимо соблюдать правила техники безопасности, проводить опыты в точном соответствии с их описанием, приведенном в тексте методических указаний.

Студентам-заочникам рекомендуется широко пользоваться как устными, так и письменными консультациями.

На факультетах очного обучения курс биохимии изучается в 6-м семестре. Оценка знаний студентов производится в форме экзамена в 6-м семестре. Студент допускается к сдаче сессионного экзамена только после того, как получены оценки за все текущие контрольные работы, коллоквиумы и промежуточные тесты.

Оформление контрольной работы студентами заочного отделения. При выполнении контрольной работы необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. К выполнению контрольной работы приступать после усвоения учебного материала по соответствующим разделам курса биохимии.
2. Перед каждым ответом записать полностью вопрос.
3. Прежде чем писать ответ, следует составить его план.
4. Ответ должен быть последовательным, хорошо обоснованным, иметь объяснение употребляемых понятий, условных обозначений; при решении задач нужно объяснять ход решения.
5. Ответ должен быть построен в виде связного текста, в котором не допускаются сокращения слов и отрывочные замечания. Не следует дословно переписывать текст учебника или иной изученной литературы.
6. Отвечать следует на все без исключения вопросы контрольного задания.
7. При написании уравнений реакций или схем

биохимических процессов следует пользоваться структурными формулами. Под химическими формулами необходимо писать названия соответствующих веществ, за исключением тех, которые считаются общеизвестными.

8. В конце работы указывается, какая литература изучена при ее подготовке (в списке литературы приводится точное название книги, брошюры, автор, место издания, издательство, год выпуска работы, для журнальных статей - дополнительно название журнала и его номер).

9. Работа должна быть написана разборчиво, аккуратно оформлена (с полями для замечаний рецензента).

10. Работа должна быть подписана исполнителем, на обложке указывается его адрес.

ЛИТЕРАТУРА.

Основная:

1. Биохимия: учебник для институтов физической культуры / Под ред. Волкова Н.И., Несен Э.М., Осипенко Г.А., Корсун С.Н. Киев: Олимпийская литература, 2000

2. Биохимия: учебник для институтов физической культуры / Под ред. В. В. Меньшикова и Н. И. Волкова. - М.: ФиС, 1986

3. Дубровский, В.И., Федорова В.Н. Биохимия: учеб. для сузов и вузов по физической культуре рек. Гос. комитетом РФ. - М.: Владос-Пресс, 2004

Дополнительная:

1. Березов Т.Т., Коровник Б.Ф. Биологическая химия. - М.: Медицина, 1982.

2. Филиппович Ю. Б. Основы биохимии - М.; СПб.: Агар: Флинта:Лань, 1999.

3. Ленинджер А. Основы биохимии. В 3-х т. - М.: Мир, 1985.

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ПРЕДМЕТ БИОХИМИИ, ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ВОСПИТАНИЮ И СПОРТУ.

Цель изучения темы: получить общие представления о месте биохимии в системе наук, изучающих организм человека при занятиях физическими упражнениями и спортом, и о возможностях использования достижений биохимии для совершенствования организма человека в процессе спортивной тренировки.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Биохимия – наука о химическом составе живых организмов и химических процессах, лежащих в основе жизнедеятельности. Характерные биохимические признаки живого.
2. Положение биохимии в общей системе естественных наук.
3. Разделы биохимии: статическая, динамическая, функциональная.
4. Значение биохимии для подготовки преподавателей физической культуры и тренеров по спорту.

Целевые задачи.

Научиться выявлять характерные отличия живых организмов от неживых тел.

Получить общие представления о теоретических основах выбора методов исследования для решения специфических задач статической, динамической и функциональной биохимии.

Определить роль отечественных ученых в развитии биохимии.

Методические указания к изучению темы.

Прорабатывая материал этой темы, необходимо составить четкие представления об основном содержании и задачах биохимии, а также ее значении для теории и практики физического воспитания и спорта.

Биохимия – наука, изучающая химический состав живой материи, функции и превращения химических составных частей организма в процессе его жизнедеятельности.

Рассматривая процессы, протекающие в живых организмах, следует обратить внимание на отличия этих организмов от неживых тел. Таких важнейших отличий несколько:

- Обмен веществ между организмом и внешней средой является обязательным условием существования живого, тогда как у неживых тел он приводит к их разрушению, превращению в другие тела.
- Живые организмы обладают способностью реагировать на внешние воздействия, изменяя ход реакций обмена веществ, и таким образом приспосабливаться к изменениям во внешней среде.
- Для живых организмов присуща способность к размножению и передаче по наследству характерных признаков строения и обмена веществ.
- Качественно новой ступенью в развитии материи является строгая упорядоченность протекания биохимических процессов, связанная с особенностями биологических структур.

Исследуя живой организм, биохимик отвечает на ряд вопросов:

- ✓ Из каких химических соединений состоит клетка, ткань, орган или организм в целом?

✓ Как взаимосвязаны эти химические соединения, как они образуются и взаимопревращаются?

✓ Каким образом регулируются взаимопревращения веществ?

✓ Чем биохимически отличается изучаемая клетка, ткань, орган от других клеток, тканей, органов, чем определяется выполнение ими их специфических функций в организме?

✓ Как связаны превращения веществ с превращениями энергии?

Все эти вопросы взаимосвязаны, но для ответа на каждый из них требуются особые подходы и методы. В соответствии с этим биохимию делят на несколько разделов. Раздел, изучающий химический состав живых организмов и свойства химических соединений, выделенных из живых тканей, называется *статической биохимией*. Все многообразие химических реакций в организме, их взаимосвязь и регуляция, а также сопряженные с ними превращения энергии в процессах жизнедеятельности изучаются *динамической биохимией*. Биохимические процессы, лежащие в основе жизнедеятельности отдельных тканей и органов и проявления их специфической функции, рассматриваются различными разделами *функциональной биохимии*.

Контрольные вопросы и задания.

1. Что является предметом изучения биохимии?
2. В чем заключаются различия методических подходов статической, динамической и функциональной биохимии к изучению организма человека.

Тема 2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА.

Цель изучения темы: на основе знаний элементарного, молекулярного и ионного состава живых организмов вообще, и человеческого в частности, студенты должны научиться выявлять характерные биохимические особенности человеческого организма, их возникновение в ходе биологической эволюции, возможность совершенствования человеческого организма в процессе адаптации к мышечной деятельности.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Элементарный, молекулярный и ионный состав организма человека, его отличия от химического состава других живых тел.
2. Типы химических связей (ковалентные, ионные, водородные, гидрофобные, Ван-дер-ваальсовы).
3. Функции молекул, участвующих в биохимических процессах.
4. Основные классы биоорганических соединений. Свойства соединений с гидроксильной, карбонильной, карбоксильной и аминной группами.
5. Понятие о соединениях со смешанными химическими функциями; особенности их химических преобразований.
6. Уровни структурной организации химических составных частей живого организма.

Целевые задачи.

Научиться использовать знания об элементарном, молекулярном и ионном составе живых организмов для объяснения разнообразия химического состава и видовой биохимической специфичности живых организмов.

Научиться применять знания о структуре и свойствах различных классов химических соединений для выявления их роли в выполнении спортсменами их

специфической деятельности.

Научиться использовать знания о типах химических связей для предсказания свойств различных классов соединений, входящих в состав организма человека.

На основе знаний о свойствах углеродного атома уметь строить структурные формулы различных классов органических соединений.

Методические указания к изучению темы.

Химический состав живых организмов отличается большим разнообразием. Изучая его, нужно учитывать несколько важных особенностей живых организмов. Общее количество живого вещества на планете оценивается цифрами 10^{13} – 10^{14} тонн. В состав живых организмов входит 60 химических элементов. По концентрации их можно разделить на макроэлементы (содержатся в количествах более 0,001%): С, Н, О, N, S, К, Р, Са, Mg, Cl, Na, Fe, микроэлементы (составляют 0,001 – 0,000001 %): Zn, Cu, В, Мо, Mn, Со и др. и ультрамикроэлементы (менее 0,000001%)– Hg, Au, Ag и др. Если сравнить химический состав живых и неживых тел, можно заметить, что основу живых организмов составляет небольшое количество легких элементов, тогда как в неживой природе преобладают тяжелые. Легкие элементы оказались более пригодными для построения живых тел, так как они образуют газообразные, жидкие или твердые, но хорошо растворимые в воде соединения. Это очень важно для организма, так как обеспечивает высокую скорость химических реакций в нем. Атомы легких элементов невелики по размерам, их соединения образуют компактные, достаточно устойчивые к внешним воздействиям, легко проходящие через клеточные мембраны молекулы. Свойства этих атомов настолько многообразны, что из них можно построить почти все необходимые клетке

вещества. Лишь когда возникает потребность в молекулах с какими-нибудь уникальными свойствами, используются атомы тяжелых элементов.

Химические свойства живого зависят от способности углерода, водорода, азота и некоторых других элементов образовывать ковалентные связи, т.е. связи, осуществляемые двумя электронами, принадлежащими обоим соединяющимся атомам. Но для образования такой связи необходимо, чтобы у атомов на внешних оболочках были не спаренные электроны, тогда при образовании ковалентной связи эти электроны “обобществляются”. Т.е. атомы, участвующие в образовании ковалентной связи стремятся к заполнению своих внешних электронных оболочек.

Для заполнения внешней оболочки водороду не хватает одного электрона, кислороду – двух электронов, азоту – трех электронов и углероду четырех электронов. Поэтому атом водорода может образовать одну ковалентную связь (одновалентный), атом кислорода – две ковалентные связи (двухвалентный), атом азота – три ковалентные связи (трехвалентный), атом углерода – четыре ковалентные связи (четырёхвалентный).

При обобществлении одной пары электронов возникает одинарная связь, двух пар электронов – кратная двойная связь, трех пар электронов – кратная тройная связь. Благодаря образованию ковалентных связей между атомами, формируются молекулы, как в живой, так и в неживой природе.

Большое значение также имеет способность атомов серы образовывать ковалентную связь друг с другом. Например, две молекулы аминокислоты цистеина, расположенные в различных участках белковой молекулы или в разных белковых цепочках, образуют дисульфидную связь и таким образом стабилизируют пространственную

структуру молекулы. Дисульфидные мостики играют важную роль в формировании некоторых белков (например, гормона инсулина, иммуноглобулинов и т.д.).

Помимо сильных ковалентных взаимодействий существуют еще и слабые, которые стабилизируют пространственную структуру органических молекул. К ним относятся: ионные, водородные, гидрофобные связи, Ван-дер-ваальсовы взаимодействия.

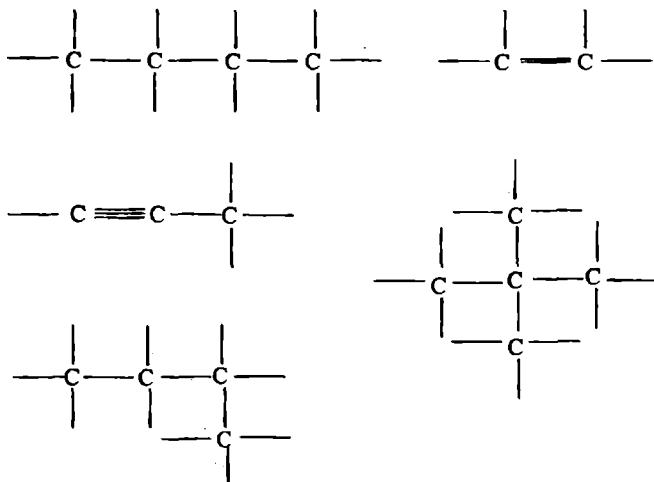
Наиболее важное значение в биологии имеет способность атомов углерода образовывать ковалентные связи друг с другом, т.к. углерод может связываться с четырьмя другими атомами углерода (а также азота, кислорода и водорода), образуя органические соединения с различными углеродными каркасами и пространственной структурой.

На основании теории химического строения все мономерные органические соединения разделяются на классы по нескольким основным признакам: а) по характеру связей между углеродными атомами, б) по строению углеродной цепи как основы молекулы; в) по функциональным группам

Атомы углерода могут быть связаны между собой одной общей парой электронов (простая, или одинарная, связь), а также двумя или тремя общими парами электронов (кратные: двойные или тройные связи).

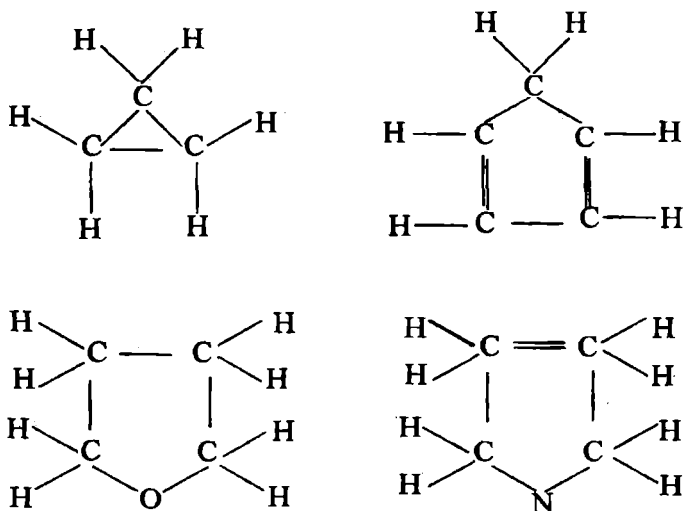
Органические соединения, в молекулах которых все атомы углерода связаны только простыми связями, называются предельными (насыщенными). Если в соединении есть хотя бы одна кратная связь между углеродными атомами, оно называется непредельным (ненасыщенным).

По строению углеродной цепи органические соединения классифицируются на ациклические и циклические.



Представители ациклических соединений имеют в своем составе открытую (незамкнутую в кольцо) неразветвленную или разветвленную углеродную цепь с простыми или кратными связями (пример см. выше).

Циклические соединения имеют замкнутую в кольцо цепь атомов.



Различают карбоциклические (имеющие в кольце только углеродные атомы) и гетероциклические (содержащие в кольце кроме углеродных еще и другие атомы: кислорода, серы, азота) соединения.

Молекулу любого органического вещества можно рассматривать как совокупность радикала и функциональной группы.

Радикал – это довольно устойчивое сочетание атомов, во многих химических превращениях без изменения переходящее из молекулы в молекулу. Во время химических реакций на доли секунды могут образовываться свободные радикалы с незаполненными валентностями, но из-за высокой химической активности они очень быстро реагируют между собой или с другими атомными группами.

Функциональная группа – активная, легко изменяющаяся атомная группа, обладающая специфическими химическими свойствами, обязательно содержащая атомы кислорода, азота, серы или других элементов, способных к образованию полярных связей. По функциональным группам выделяют несколько важнейших классов органических соединений (табл. 1, см. ниже).

Молекула органического вещества может содержать не одну, а несколько функциональных групп. Если в молекуле содержится одна или несколько одинаковых функциональных групп, то говорят о соединениях с однородными химическими функциями. Если в молекуле несколько различных функциональных групп, такое вещество называют соединением со смешанными химическими функциями (понятие химической функции, т.е. способности к определенному типу химическим реакциям, не следует смешивать с участием веществ в выполнении физиологических функций, т.е. определенного вида работы, совершаемой в организме).

Основные классы органических соединений.

Название класса	Структурная формула	Название семейства	Структурная формула
Углеводы	$R-H$	Амины	$R-NH_2$
Спирты	$R-OH$	Амиды	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow NH-R \end{array}$
Альдегиды	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array}$	Тиолы	$R-SH$
Кетоны	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow R_1 \end{array}$	Простые эфиры	$R-O-R_1$
Карбоновые кислоты	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array}$	Сложные эфиры	$R-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow O-R_1 \end{array}$

Прорабатывая этот материал, не следует запоминать подряд все реакции, характерные для того или иного класса вещества, а только те, которые наиболее важны для понимания особенностей протекания химических реакций в живых организмах.

Для соединений со спиртовыми группами такими реакциями являются образование алкоколятов, простых и сложных эфиров, дегидратация, окисление. Для соединений с карбонильной группой – реакции окисления, восстановления, поликонденсации. Для соединений с карбоксильной группой – электролитическая диссоциация,

образование солей, сложных эфиров, амидов, декарбоксилирование. Для соединений с аминной группой — электролитическая диссоциация, образование ионов типа аммония.

В живых организмах широко представлены вещества со смешанными функциями, например, аминокислоты, кетокислоты. Свойства этих соединений зависят как от свойств каждой функциональной группы в отдельности, так и от особенностей взаимодействия этих групп.

Следует помнить, что увеличение количества функциональных групп при неизменной длине углеродной цепи увеличивает химическую активность веществ, вследствие более сильной поляризации связей в них.

Таким образом, можно сказать, что и живая природа, и неживая природа содержит в своем составе много общего — и химические элементы, и целые классы органических соединений. Где же на молекулярном уровне начинаются отличия живой природы от неживой? Далеко не все органические соединения способны выполнять биологические функции; в процессе эволюции были отобраны только те, которые лучше способствовали потребностям живых организмов. Молекулы, участвующие в биохимических процессах в живых организмах называют *биоорганическими*.

Живая материя состоит из великого множества самых разнообразных органических веществ, которые могут быть очень простыми и очень сложными. Основную массу живого вещества составляют гигантские молекулы биополимеров, белков, липидов, полисахаридов, нуклеиновых кислот. Разновидностей полимерных молекул очень много. Однако все они построены из сравнительно немногих видов мономеров. Белки созданы комбинациями 20 аминокислот, нуклеиновые кислоты — 6-8 мононуклеотидов, полисахариды

построены из немногих видов моносахаридов, жиры – из глицерина и жирных кислот и т. п. Чтобы ориентироваться в разнообразии строения и свойств полимерных молекул, нужно четко представлять себе основные классы мономеров и механизмы свойственных для них реакций.

Контрольные вопросы и задания.

1. Каковы особенности элементарного состава тела человека?

2. Из каких низкомолекулярных веществ синтезируются высокомолекулярные органические соединения организма? Каково процентное содержание в организме человека основных классов низкомолекулярных и высокомолекулярных органических соединений? Каковы функции этих веществ в организме?

3. Как образуются важнейшие типы связей между атомами в молекулах, встречающихся в организме человека?

4. Как записывается общая формула вещества? Какие функциональные группы и соответствующие классы веществ вы знаете?

5. Приведите примеры органических соединений, содержащих:

- а) ковалентные неполярные связи,
- б) ковалентные полярные связи,
- в) ионные связи,
- г) водородные связи.

Напишите общую, структурную, полуструктурную и электронную формулу каждого из этих веществ.

6. Что такое изомерия органических соединений?

7. В чем заключаются различия между предельными (насыщенными) и непредельными (ненасыщенными) соединениями по структуре и химическим свойствам? Ответ подтвердите

уравнениями реакций, характерных для бутана, бутена, бутина.

8. Какие органические соединения называются карбоциклическими? Гетероциклическими? Приведите примеры структурных формул таких соединений.

9. Что такое углеводородный радикал? Функциональная группа?

Тема 3. УГЛЕВОДЫ.

Цель изучения темы: получить знания об особенностях строения и свойствах углеводов, об их биологической роли в организме, об особенностях переваривания и всасывания углеводов в желудочно-кишечном.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Общая характеристика углеводов.
2. Особенности химического строения моно-, ди- и полисахаридов, входящих в состав пищевых продуктов и образующихся в теле человека.
3. Биологическая роль углеводов, их содержание в различных тканях и органах тела человека.
4. Ферментативные превращения углеводов в пищеварительной системе.
5. Транспорт углеводов через клеточные мембраны.
6. Норма углеводов в питании, понятие гликемического индекса.

Целевые задачи.

На основе знаний о структуре и химических свойствах моно-, и- и полисахаридов научиться объяснять различия между углеводами, входящими в состав

продуктов питания, и углеводами человеческого тела.

На основе знания основных этапов биохимических превращений углеводов в процесс пищеварения и всасывания выбирать методы применения пищевых углеводов для повышения работоспособности и ускорения восстановительных процессов после физических нагрузок.

Методические указания к изучению темы.

Работая над материалом этой темы, прежде всего, нужно выяснить, по каким признакам вещества относятся к классу углеводов, рассмотреть циклические и ациклические структуры моносахаридов, поскольку моносахариды являются основой для построения молекул более сложных углеводов.

Определение характерных признаков моносахаридов целесообразно начать с выявления функциональных групп. Все моносахариды содержат одну карбонильную группу $-C=O$ и несколько спиртовых гидроксильных групп $-OH$, т. е. являются альдегидо- или кето-спиртами.

Углеводы можно считать основой существования большинства организмов, т.к. все органические вещества берут начало от углеводов, образующихся в фотосинтезе. В биосфере углеводов больше, чем других органических веществ.

Происхождение названия «углеводы» связано с тем, что, судя по эмпирической формуле, большинство соединений этого класса представляют собой соединения углерода с водой. Так, эмпирическая формула глюкозы $C_6H_{12}O_6 = (CH_2O)_6$, и большинство из распространенных углеводов можно охарактеризовать общей формулой $(CH_2O)_n$, $n > 3$.

Если карбонил расположен в конце углеродной

цепи, он образует альдегидную группу, и моносахарид называется *альдозой*. Большинство альдоз можно изобразить общей формулой $\text{CH}_2\text{OH}-(\text{CHOH})_n-\text{COH}$.

Если карбонил расположен между углеродными атомами, он представляет собой кетонную группу, и моносахарид называется *кетозой*. Кетозам Общая формула кетоз $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CO}-(\text{CHOH})_n-\text{CH}_2\text{OH}$.

Моносахариды легко вступают в химические взаимодействия, поэтому редко встречаются в живых организмах в свободном состоянии. Особенно важными для организма производными моносахаридов являются *олигосахариды* - сложные углеводы, построенные из немногих остатков моносахаридов, и *полисахариды*, в которых число моносахаридных остатков превышает десять и может достигать до десятков тысяч. Если сложный углевод состоит из одинаковых моносахаридных остатков, он называется *гомосахаридом*, если из разных - *гетеросахаридом*.

Поступающие в организм человека сложные углеводы пищи имеют иную структуру, чем углеводы человеческого тела. Так полисахариды, составляющие растительный крахмал, - амилоза и амилопектин - представляют собой линейные или слаборазветвленные полимеры глюкозы, а крахмал человеческого тела - гликоген, - имея в основе те же глюкозные остатки, образует из них иную — сильно разветвленную — полимерную структуру. Поэтому усвоение пищевых олиго- и полисахаридов начинается с их гидролитического (под действием воды) расщепления в процессе пищеварения до моносахаридов. Последние по своей структуре одинаковы у всех живых организмов.

Изучая процесс пищеварения углеводов, следует запомнить ферменты, участвующие в нем, выяснить условия их действия в различных отделах

пищеварительного тракта, знать промежуточные и конечные продукты гидролиза. Среди продуктов пищеварения преобладает глюкоза, она же является главным моносахаридом, циркулирующим в крови.

Контрольные вопросы и задания.

1. Какие функциональные группы входят в состав молекул углеводов?
2. Какое свойство углеводов лежит в основе их классификации на моно, олиго и полисахариды? Приведите примеры в виде структурных формул.
3. Напишите с применением структурных формул характерные реакции любой альдопентозы и кстогексозы.
4. Напишите с указанием промежуточных и конечных продуктов схему гидролиза важнейших углеводов пищи. Какие ферменты ускоряют этот процесс в пищеварительной системе? Какие условия необходимы для действия этих ферментов?

Тема 4. ЛИПИДЫ.

Цель изучения темы: получить знания о строении, свойствах и превращениях различных классов липидов (жиров), об их биологической роли, об особенностях переваривания и всасывания жиров в желудочно-кишечном тракте.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме)

1. Общая характеристика, особенности химической структуры различных классов липидов, входящих в состав пищевых продуктов и тела человека.

2. Ступенчатый гидролиз липидов в процессе пищеварения. Ферменты, участвующие в этом процессе, условия их действия.
3. Особенности всасывания продуктов пищеварения липидов.
4. Синтез специфических липидов в клетках кишечной стенки.
5. Образование липопротеидов, их роль в транспорте липидов в организме и формировании структуры клеточных мембран.

Целевые задачи.

На основе знаний о структуре и свойствах нейтральных жиров, фосфолипидов, гликолипидов, стероидов научиться объяснять влияние различий в химическом составе и структуре липидов на их свойства и биологическую роль.

На основе знаний основных этапов биохимических превращений липидов в пищеварительной системе выявлять наиболее благоприятные условия для усвоения пищевых липидов и способы коррекции нарушений процессов пищеварения у спортсменов.

Методические указания к изучению темы.

Изучая материал данной темы, следует помнить, что в группу липидов объединяются вещества самой различной химической природы, не растворимые в воде, но растворимые в органических растворителях (ацетоне, хлороформе, этиловом спирте). Многие (но не все) липиды представляют собой сложные эфиры, образованные остатками высокомолекулярных предельных и непредельных карбоновых кислот и многоатомных или специфически построенных спиртов (глицерина, сфингозина, инозита, стеринов). Сложные эфиры глицерина и высокомолекулярных (жирных)

кислот называются *нейтральными жирами* или *глицеридами*.

Следует обратить внимание на многообразие биологической роли жира, его использования как запасного источника энергии, терморегулятора, амортизатора, предохраняющего внутренние органы от механических повреждений и фиксирующего их, структурного компонента мембран, растворителя многих неполярных соединений.

Изучение структуры и свойств жироподобных соединений (липоидов) представляет известные трудности, так как до сих пор нет их четкой классификации и детали строения многих из них неизвестны. Можно ограничиться выделением следующих больших групп липоидов: фосфолипидов (фосфатидов), гликолипидов, стеринов и стеридов, восков.

Фосфолипиды - сложные эфиры, образованные жирными кислотами фосфорной кислотой, различными многоатомными и аминоспиртами. Наиболее хорошо изучены глицерофосфатиды, в составе молекул которых содержатся остатки глицерина, жирных кислот, фосфорной кислоты, аминоспиртов, коламина, холина, серина и других. В сфингофосфатидах вместо глицерина содержится аминоспирт сфингозин. Инозитолфосфатиды образованы при участии циклического шестиатомного спирта инозита.

Гликолипиды отличаются от фосфолипидов отсутствием остатка фосфорной кислоты и наличием какого-либо моносахарида или его производного. Для глико- и фосфолипидов характерна амфотерность — способность диссоциации по кислотному и щелочному типу, образование биполярных ионов, благодаря чему эти соединения легко образуют разнообразные комплексы с белками. Эти комплексы составляют основу клеточных

мембран.

Стерины — высокомолекулярные полициклические спирты. Их эфиры с жирными кислотами называются *стероидами*. В организме человека важную роль играет холестерин. Производные холестерина образуют ряд биологически активных веществ, желчных кислот, витаминов группы Д, стероидных гормонов. Стерины относятся к неомыляемым, неспособным к гидролизу липидам.

В процессах пищеварения все омыляемые липиды (жиры, фосфолипиды, гликолипиды, стериды) подвергаются гидролизу на составные части, а уже названные ранее, стерины химическим изменениям не подвергаются.

При изучении этого материала следует обратить внимание на отличия пищеварения липидов от соответствующих процессов для углеводов и белков: особую роль желчных кислот в распаде липидов и транспорте продуктов пищеварения. В клетках кишечной стенки из продуктов пищеварения, а в клетках печени, жировой ткани и других органов из предшественников, возникших в обмене углеводов и белков, происходит построение молекул специфических липидов тела человека. Если образование липидов происходит из углеводов или белков, предшественником глицерина становится промежуточный продукт гликолиза — фосфодиоксиацетон, жирных кислот и холестерина — ацетилкофермент А, аминок спиртов — некоторые аминокислоты. Синтез липидов требует больших энерготрат для активации исходных веществ.

Контрольные вопросы и задания

1. На какие подклассы разделяется класс липидов? Приведите примеры (в виде структурных формул) липидов

различных подклассов.

2. Какие спирты встречаются в составе различных липидов? Напишите их структурные формулы.

3. Приведите примеры предельных и непредельных жирных кислот, входящих в состав липидов.

4. Какие промежуточные и конечные продукты образуются при гидролизе жиров и липоидов в пищеварительной системе? Напишите с применением структурных формул схемы ступенчатого гидролиза жиров и фосфатидов.

5. Какую роль играют желчные кислоты в пищеварении липидов и всасывании продуктов пищеварения?

Тема 5. БЕЛКИ.

Цель изучения темы: получить знания о строении, свойствах и биологической роли белков, пептидов, аминокислот, а также об особенностях переваривания и всасывания белков в желудочно-кишечном тракте.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Особенности химического состава и структуры простых и сложных белков, входящих в состав пищевых продуктов и тела человека. Понятие о полноценных и неполноценных пищевых белках.

2. Аминокислоты. Классификация, биологическая роль.

3. Уровни организации белковой молекулы. Первичная, вторичная, третичная (супервторичная) и четвертичные структуры белков.

4. Нормы белка в питании. Азотистый баланс.

5. Ферментативные превращения простых и сложных белков в процессе пищеварения. Превращения не

переваренных белков.

Целевые задачи.

На основе знаний о строении и свойствах аминокислот, белков, научиться объяснять структурное и функциональное многообразие белков, их высокую видовую и тканевую специфичность, особенности действия белков-регуляторов.

На основе знания основных этапов превращений белков в процессе пищеварения, механизмов активирования протеолитических ферментов и регуляции секреции пищеварительных соков оценивать питательную ценность и степень усвоения различных белков, входящих в состав пищи, обосновывать применение белковых гидролизатов в специализированном питании спортсменов.

Методические указания к изучению темы

Белки - это высокомолекулярные полимеры аминокислот, составляющие основу живых структур. Изучая их строение и свойства, следует обратить внимание на высокую специфичность: каждому виду живых существ, каждому отдельному организму и даже отдельным органам присущи свои особые белки.

Огромное разнообразие видов белковых молекул зависит от количества аминокислотных остатков (всего их в белках около 20 видов), порядка их чередования в полипептидной цепи белка, особенностей расположения в пространстве. Все это входит в понятие структуры белков.

Нужно составить четкое представление об особенностях первичной, вторичной, третичной и четвертичной структуры, денатурации и ренатурации белков, обратить внимание на их амфотерность. Белки — полимеры с гидрофильными свойствами. Изучение особенностей образования белковых растворов и осаждения белков важно для понимания методов

изучения белкового обмена в организме человека.

Изучая различные классы белков, нужно рассмотреть их важнейшие функции: участие в построении клеточных структур, в процессах превращения энергии, хранения и воспроизводства наследственной информации, транспорта веществ от одного органа к другому, регуляции скоростей химических реакций, защиты организма от неблагоприятных воздействий внешней среды, в мышечном сокращении.

Изучая роль белков в транспорте кислорода и осуществлении окислительно-восстановительных реакций, желательно подробно рассмотреть структуру хромопротеидов — окрашенных сложных белков, небелковые (простетические) группы которых представляют собой гетероциклические соединения, часто связанные с ионами металлов.

Контрольные вопросы и задания.

1. Какие соединения являются структурными единицами белковых молекул? Приведите их примеры в виде структурных формул. По каким признакам классифицируются аминокислоты?
2. Каковы особенности структуры простых и сложных белков?
3. Напишите схемы гидролиза сложных белков из подклассов нуклеопротеидов, хромопротеидов, липопротеидов, гликопротеидов.
4. Охарактеризуйте биологическую роль различных подклассов простых и сложных белков.

Тема 6. БИОКАТАЛИЗ.

Цель изучения темы: научиться применять знания о химическом составе, свойствах и механизмах действия биологических катализаторов при последующем изучении процессов обмена различных классов соединений в организме, функций отдельных тканей и органов, а также регуляции обмена веществ. Выявить способы усиления синтеза ферментов, необходимых для адаптации организма к напряженной мышечной деятельности, с помощью факторов питания.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Общее представление о ферментах и их роли в процессах жизнедеятельности.

2. Понятие о скорости химических реакций и факторах, от которых она зависит. Роль катализаторов в регуляции скорости реакций.

3. Особенности ферментов как катализаторов. Кинетика ферментативных реакций.

4. Химическая природа и структура простых и сложных ферментов. Свойства ферментов, определяемые их химической природой.

5. Классификация ферментов.

6. Химизм ферментативного катализа.

7. Активация и ингибирование активности ферментов.

8. Понятие о витаминах как биологически активных веществах, не образующихся в организме человека.

9. Участие витаминов в образовании коферментов.

10. Особенности строения, участие в регуляции биохимических процессов и пищевые источники водорастворимых витаминов.

11. Особенности строения, роль в обменных процессах

и пищевые источники жирорастворимых витаминов.

12. Понятие об авитаминозе, гиповитаминозе и гипервитаминозе.

Целевые задачи.

На основе знаний о строении, свойствах, химизме действия ферментов, роли витаминов в их образовании научиться:

- Объяснять особенности ферментативного катализа и влияние изменений активной реакции внутренних сред организма на активность ферментов.
- Объяснять особенности действия активаторов и ингибиторов ферментов и их роль в регуляции обмена веществ.
- Выявлять роль витаминов и минеральных элементов в образовании активных центров ферментов, использовать эти знания для объяснения роли витаминов и минеральных веществ при мышечной деятельности.

На основе знаний свойств витаминов выбирать способы тепловой, механической и химической обработки пищи, позволяющие сохранять в пищевых продуктах наибольшее количество витаминов.

Методические указания к изучению темы.

В живом организме происходят разнообразные химические реакции, его структуры постоянно обновляются. Молекулы, не изменившиеся более нескольких дней, составляют скорее исключение, чем правило. Эти изменения протекают с огромными скоростями, в миллионы раз превышающими скорости подобных реакций в неживой природе. Учение о скоростях химических реакций и факторах, влияющих на них, называется химической кинетикой.

Для лучшего усвоения темы «Биокатализ» необходимо рассмотреть некоторые вопросы химической

кинетики, выяснить, что называется скоростью химической реакции, как она зависит от химической природы реагирующих веществ, их концентрации, температуры, наличия катализаторов, разобраться в понятии «химическое равновесие», рассмотреть факторы, вызывающие сдвиг равновесия, познакомиться с понятиями «константа скорости реакции» и «константа равновесия»

Огромные скорости реакций в живых организмах возможны потому, что в них имеются биологические катализаторы высокой активности - ферменты, способные в ходе жизнедеятельности менять свою активность под влиянием различного рода воздействий таким образом, что в каждый данный момент скорости различных процессов точно соответствуют потребностям организма.

Нужно выяснить, какими путями может меняться активность ферментов, как на нее влияет температура, активная реакция среды, образование в ходе метаболических процессов различных промежуточных продуктов. Повышение температуры в диапазоне от 0 до 40-50 °С увеличивает скорость преобразования ферментом субстрата (вещества, реакцию которого фермент ускоряет) При дальнейшем повышении температуры активность ферментов падает. Эта особенность ферментов называется их *термолабильностью*. Она объясняется тем, что фермент, имеющий белковую природу, при высоких температурах изменяет свою структуру - денатурируется. Температурный диапазон, при котором фермент проявляет наивысшую активность, называется *температурным оптимумом фермента*.

Активность фермента существенно зависит от соотношения в окружающей среде концентраций водородных и гидроксильных ионов, т. е. от реакции этой среды: кислой, нейтральной или щелочной. Для каждого

фермента существует сравнительно небольшой диапазон изменений реакции среды, при которых поддерживается его наивысшая активность. Поскольку реакция среды количественно характеризуется водородным показателем (рН), изучая пищеварительные ферменты, следует обратить внимание на значения рН в различных отделах пищеварительной системы. Изучая внутриклеточные ферменты, необходимо выявлять наиболее благоприятные для их действия значения рН.

В регуляции ферментативной активности большую роль играют активаторы, повышающие активность ферментов, и ингибиторы, подавляющие ее. Следует выяснить, какие вещества могут быть активаторами и ингибиторами ферментов.

Фермент может быть простым или сложным белком. Сложный фермент (холофермент) состоит из двух компонентов: белкового — апофермента и небелкового — кофермента; коферменты многих ферментов способны отделяться от апофермента и существовать самостоятельно. Один и тот же кофермент может соединяться с разными апоферментами. Этим обеспечивается более гибкая регуляция биохимических процессов. Апоферментом определяется специфичность действия фермента, т.е. его способность ускорять определенный тип превращений одного единственного вещества или группы веществ, сходных по своей химической структуре.

Причина специфичности ферментов заключается в том, что для осуществления ферментативной реакции необходимо совпадение пространственной конфигурации молекул фермента и субстрата. Активация или ингибирование активности фермента обычно бывают связаны с изменением пространственной структуры фермента. Специфичность ферментов является одним из

главных условий строгой упорядоченности протекания химических реакций в организме. Апофермент и кофермент в отдельности обладают малой каталитической активностью. При их соединении в молекулу холофермента способность ускорять реакцию резко возрастает.

Синтез многих коферментов требует поступления в организм витаминов. *Витамины* — низкомолекулярные органические вещества, обладающие разнообразным химическим составом, структурой и физико-химическими свойствами, не синтезируемые в организме человека и животных. Некоторые витамины образуются в кишечнике в результате жизнедеятельности обитающих там микроорганизмов, а некоторые в специфических условиях образуются в клетках тела из поступающих с пищей провитаминов. Витамины участвуют в регуляции метаболических процессов, выполняя каталитические функции самостоятельно или в составе коферментов различных ферментов.

Изучая витамины, следует особое внимание обратить на то, какие биохимические процессы регулируются тем или иным витамином, в состав какого кофермента он входит. Многие витамины участвуют в протекании окислительно-восстановительных реакций, обеспечивающих энергией различные физиологические функции.

Витамины классифицируются на водорастворимые и жирорастворимые. Жирорастворимые витамины представляют собой циклические соединения с длинной боковой углеводородной цепью, обуславливающей их неполярность и нерастворимость в воде. Многие, но не все водорастворимые витамины, представляют собой гетероциклические соединения с несколькими полярными атомными группами.

Ряду витаминов свойственна витаминерия: одинаковым действием на биохимические процессы и физиологические функции обладает несколько сходных по химической структуре соединений - *витамеров*.

Суточная потребность в различных витаминах колеблется от сотых долей грамма до нескольких граммов. Она изменяется в зависимости от возраста, условий окружающей среды, состояния здоровья, интенсивности выполняемой работы. Чтобы четко представлять потребность организма в различных витаминах, целесообразно составить, используя материал учебника и дополнительную литературу, сравнительную таблицу норм потребления витаминов людьми, не занимающимися спортом, и спортсменами. Нужно обратить внимание на совместный характер воздействия многих витаминов на обмен веществ. Из этого следует, что увеличение потребления одного витамина без соответствующего повышения содержания в пище других может вызвать нарушение нормального хода биохимических процессов.

Контрольные вопросы.

1. Что такое скорость химической реакции? Под действием каких факторов она может изменяться?
2. Какое состояние в системе реагирующих веществ называется химическим равновесием? Что такое сдвиг равновесия?
3. Как опытным путем доказать белковую природу фермента?
4. Какой участок молекулы фермента называется активным центром? Коферментом? Апоферментом? Какова роль этих структур в ферментативном катализе?
5. Что такое изоферменты? Какую роль в биохимическом контроле за жизнедеятельностью организма может сыграть их определение в крови?

6. В чем сущность активации и ингибирования ферментов? Что такое аллостерическая регуляция активности ферментов?
7. Приведите примеры регуляции ферментативной активности изменением реакции среды, ионами металлов, гормонами, ферментами-киназами.
8. В чем заключается химизм ферментативного катализа?
9. Чем объясняется специфичность действия ферментов? Приведите примеры абсолютной и относительной специфичности ферментов.
10. На чем основывается классификация ферментов? Приведите примеры ферментов различных классов.
11. Что такое витамины?
12. Какова потребность организма в витаминах и от чего она зависит?
13. В чем заключается механизм действия витаминов? Назовите важнейшие коферменты, в состав которых входят витамины.
14. По какому признаку классифицируются витамины? Назовите основных представителей отдельных классов.
15. Какие наблюдаются состояния организма в зависимости от обеспеченности витаминами?
16. Какова роль отдельных жирорастворимых и водорастворимых витаминов в регуляции обмена веществ?
17. Какие вы знаете витаминоподобные вещества?
18. Какие витамины обладают анаболическим эффектом? Что это означает?
19. Какие витамины обладают антиоксидантным действием?
20. Какие витамины участвуют в энергообеспечении скелетных мышц?
21. В связи с чем увеличиваются нормы потребления витаминов для спортсменов?

Тема 7. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ.

Цель изучения темы: научиться выявлять важнейшие особенности протекания биохимических процессов в организме человека, позволяющие ему приспосабливаться к изменению условий существования. Определять роль отдельных биохимических систем в функционировании организма как единого целого в условиях относительного покоя, активной деятельности, отдыха после этой деятельности и в разные возрастные периоды.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Обмен веществ и энергии — основа всех биологических функций.
2. Ассимиляция и диссимиляция, их диалектическое единство. Амфиболические реакции.
3. Понятие о пластическом и функциональном обмене.
4. Взаимосвязь организма с окружающей средой. Изменения обмена веществ в процессе адаптации организма к меняющимся условиям внешней среды.
5. Особенности протекания химических реакций в живых организмах.
6. Связь обмена веществ и энергии с клеточными структурами.
7. Общие принципы регуляции обмена веществ.
8. Общие представления о методах изучения обмена веществ.

Целевые задачи.

На основании знаний общих закономерностей метаболизма и особенностей взаимодействия организма с окружающей средой научиться:

- Объяснять значение превращений различных классов химических соединений для функционирования

отдельных тканей и органов и организма в целом.

- Выявлять взаимосвязи между превращениями различных классов соединений в организме.
- Определять возможные методы воздействия на обмен веществ факторами внешней среды (изменением температуры, давления, величины физической нагрузки, питания и т.п.).

Методические указания к изучению темы.

Обмен веществ между организмом и окружающей средой представляет собой сложную цепь биохимических реакций, заключающуюся в усвоении веществ из внешней среды, сложных превращениях их в организме и выделении во внешнюю среду продуктов распада этих веществ. Это непрерывный, самосовершенствующийся, саморегулируемый круговорот веществ, приводящий к обновлению живой материи. Из внешней среды в организм поступают с пищей различные питательные вещества: углеводы, жиры, белки, нуклеотиды, витамины, минеральные соли и т. д., в процессе дыхания к клеткам поставляется кислород. В пищеварительной системе разнообразные полимерные молекулы пищи подвергаются гидролитическому распаду до мономеров, видов которых сравнительно немного: белки — до аминокислот, жиры — до глицерина и жирных кислот, полисахариды — до моносахаридов, нуклеиновые кислоты — до мононуклеотидов и т. д.

В клетках тела, к которым продукты пищеварения доставляются кровью и лимфой, происходит образование новых белков, жиров, углеводов и других веществ, свойственных только данному организму или даже отдельной его ткани. Специфичность химического состава и строения цитоплазмы клеток является важным признаком живых тел, она объясняется необходимостью

для каждого органа и организма выполнять свои особые функции.

Через некоторое время, различные для разных классов соединений и разных тканей организма, вещества, имеющиеся в клетках тела, разрушаются до конечных продуктов обмена, углекислого газа, воды, аммиака, мочевины и некоторых других и выводятся из организма во внешнюю среду.

Та часть обмена веществ, которая заключается в поглощении веществ из внешней среды и превращении их в специфические вещества данного организма, получила название *ассимиляции* или *анаболизма*. Распад веществ тела до конечных продуктов обмена и их выведение во внешнюю среду названы *диссимиляцией* или *катаболизмом*. Одни и те же химические реакции в зависимости от условий, в которых они протекают, могут становиться и составной частью процесса ассимиляции и диссимиляции. В первую очередь это относится к реакциям гидролиза высокомолекулярных веществ, а также к реакциям образования активных форм различных молекул — фосфорных эфиров углеводов, ацил-коферментов А и т.п. Такие реакции называются *амфиболическими*. Совокупность ассимиляции и диссимиляции и есть обмен веществ, иначе называемый *метаболизмом*. Промежуточные продукты обмена веществ — метаболиты. Каждому виду живых организмов присущ свой наследственный тип обмена веществ. Интенсивность протекания отдельных циклов реакций этого обмена находится в зависимости от условий существования.

Живой организм находится в состоянии постоянной перестройки. Эта сторона метаболизма обозначается термином *«пластический обмен»*. Процессы пластического обмена связаны с новообразованием

веществ и требуют поглощения энергии. Энергия расходуется организмом и на выполнение различными тканями и органами своих физиологических функций. Нужная энергия освобождается в процессах *функционального, или энергетического, обмена*. Между процессами пластического и функционального обмена существует «конкуренция» за обладание необходимыми веществами и энергией. При усилении пластических процессов интенсивность функционального обмена снижается, и наоборот. Пластические процессы преобладают в покое, функциональные — при выполнении работы.

Различные химические реакции в организме связаны между собой таким образом, что продукт предыдущей реакции становится исходным веществом для последующей. Таким путем создаются необычайно сложные цепи реакций, быстрое протекание которых становится возможным потому, что ферменты, их ускоряющие, располагаются в цитоплазме клетки не беспорядочно, а входят в состав определенных клеточных структур. Изучая эту тему, следует внимательно разобраться, к каким клеточным структурам приурочены определенные типы биохимических превращений.

Контрольные вопросы.

1. Чем различаются процессы обмена веществ в живых организмах и неживых телах?
2. Из каких стадий складываются превращения веществ в ходе ассимиляции? Приведите конкретные примеры реакций.
3. С помощью каких типов химических реакции происходит диссимиляция веществ? Какова последовательность этих реакций в ходе диссимиляции?
4. В чем проявляется взаимосвязь между процессами

ассимиляции и диссимиляции?

5. Какие функции в обмене веществ выполняет каждый из структурных компонентов клетки?

6. Каковы основные направления изменений обменных процессов в ходе приспособления организма к меняющимся условиям существования?

7. Как изменяется соотношение процессов ассимиляции и диссимиляции в зависимости от возраста человека?

Тема 8. ОБМЕН УГЛЕВОДОВ.

Цель изучения темы: научиться применять знания о строении и свойствах углеводов, процессах их синтеза и расщепления, взаимосвязи этих процессов с образованием и расщеплением АТФ для оценки особенностей энергетического обеспечения различных видов мышечной деятельности, а также роли углеводов пищи и запасных углеводов человеческого тела в ходе процессов восстановления организма после физических нагрузок.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Ферментативные превращения углеводов в пищеварительной системе.

2. Транспорт углеводов через клеточные мембраны.

3. Синтез гликогена из глюкозы. Особенности протекания и регуляции этого процесса в печени и мышцах.

4. Внутриклеточный распад углеводов:

а) фосфолиз гликогена, особенности его протекания и регуляции в печени и мышцах;

б) анаэробный распад углеводов (гликолиз);

в) аэробный распад углеводов: окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты.

Цикл трикарбоновых кислот;

- г) связь процессов распада углеводов с системами переноса водорода на кислород;
 - д) общие представления о пентозном цикле окисления углеводов и анаэробном образовании янтарной кислоты.
5. Образование гетерополисахаридов и их роль в организме.
6. Общие представления о глюконеогенезе.

Целевые задачи.

На основе знания основных этапов биохимических превращений углеводов в процесс пищеварения и всасывания выбирать методы применения пищевых углеводов для повышения работоспособности и ускорения восстановительных процессов после физических нагрузок.

На основе знания специфических реакций расщепления углеводов оценивать физиологическое значение окисления их в анаэробных и аэробных условиях.

На основе знаний химизма и особенностей регуляции синтеза и мобилизации гликогена выявлять условия, необходимые для поддержания постоянного уровня глюкозы в крови, и роль этих процессов в функционировании различных тканей и органов при физических нагрузках и в период отдыха после их окончания.

На основе знаний о химизме глюконеогенеза объяснять роль аминокислот, глицерина, молочной кислоты в восстановлении углеводных запасов после мышечной деятельности.

Методические указания к изучению темы.

Работая над материалом этой темы, прежде всего, нужно вспомнить, что, поступающие в организм человека сложные углеводы пищи имеют иную структуру, чем

углеводы человеческого тела. Поэтому усвоение пищевых олиго- и полисахаридов начинается с их гидролитического (под действием воды) расщепления в процессе пищеварения до моносахаридов. Последние по своей структуре одинаковы у всех живых организмов.

Изучая процесс пищеварения углеводов, следует запомнить ферменты, участвующие в нем, выяснить условия их действия в различных отделах пищеварительного тракта, знать промежуточные и конечные продукты гидролиза.

Среди продуктов пищеварения преобладает глюкоза, она же является главным моносахаридом, циркулирующим в крови. Попавшие из кишечника в кровь моносахариды переносятся ею в печень. Печень может регулировать содержание глюкозы в крови. Избыток глюкозы превращается в ней в гликоген и откладывается в запас, остальная глюкоза поступает в большой круг кровообращения и постепенно используется клетками различных органов. При повышении потребности организма в глюкозе гликоген печени может расщепляться и повышать уровень ее в крови. Изучая гликогенную функцию печени, следует выяснить, чем регулируется синтез и распад гликогена.

Если поступление глюкозы в печень превышает возможности ее превращения в гликоген, то в большом круге кровообращения ее содержание оказывается выше нормы (6,66 ммоль/л). Такое состояние называется *гипергликемией*. Она стимулирует синтез гликогена не только в печени, но и в мышцах, а также превращение глюкозы в жиры и холестерин.

В состоянии покоя наибольшее количество глюкозы потребляется головным мозгом, при физической работе — мышцами.

В клетках различных органов в зависимости от их

функционального состояния глюкоза либо сразу включается в реакции распада, обеспечивающие клетку энергией, либо участвует в пластическом обмене, в ходе которого из нее может синтезироваться не только гликоген, но и более сложные вещества: нуклеиновые кислоты, гликолипиды, гетерополисахариды и т. д.

Внутриклеточный распад углеводов протекает в две фазы. Начальная фаза может происходить без участия кислорода (анаэробно). Она носит название *гликолиза* и включает 12 ферментативных реакций, изучая которые целесообразно составить схему, показав последовательность происходящих превращений, ключевые ферменты, отметив важнейшие регулирующие воздействия. В результате этого процесса образуется пировиноградная кислота, которая в анаэробных условиях восстанавливается в молочную кислоту, а в аэробных подвергается дальнейшему распаду.

Молочная кислота может накапливаться в клетках в значительных количествах. Устранение избытков ее осуществляется, главным образом, двумя путями: ресинтезом обратно в глюкозу или гликоген, происходящим в основном в печени, и окислением в аэробных условиях в пировиноградную кислоту, распадающуюся затем до конечных продуктов обмена. Интенсивное окисление молочной кислоты как источника энергии происходит во время напряженной работы в сердечной и скелетных мышцах.

Пировиноградная кислота в аэробных условиях включается в процесс окислительного декарбоксилирования, в результате которого превращается в активную форму уксусной кислоты — ацетилкофермент А. Ацетилкофермент А вовлекается далее в процесс единый для всех классов соединений — цикл трикарбоновых кислот, в котором расщепляется до

конечных продуктов обмена — углекислого газа и воды. Образование воды происходит не в самом цикле трикарбоновых кислот, а в сопряженных с ним реакциях переноса водорода на кислород и ресинтеза АТФ.

Изучая этот процесс, целесообразно составить схему, в которой особо отметить реакции, идущие с выделением CO_2 , реакции дегидрогенирования, преобразования энергии окисления в энергию АТФ. Нужно четко представлять энергетическую эффективность гликолитического процесса и аэробного окисления углеводов, для чего следует подсчитать образующееся в обоих процессах количество АТФ.

Кроме основного пути распада углеводов в некоторых тканях возможен и другой путь — прямое окисление или *пентозный цикл*. В его ходе не только освобождается энергия, но и образуются рибоза и дезоксирибоза, необходимые для синтеза нуклеотидов и нуклеиновых кислот.

Интенсивное расходование углеводов может привести к уменьшению (по сравнению с нормой) содержания глюкозы в крови — *гипогликемии*, которая неблагоприятно отражается на работе мозга, нервов, эритроцитов, почек и других органов. Поэтому система регуляции углеводного обмена препятствует полному расходованию глюкозы и гликогена и способствует частичному восстановлению их, даже если углеводы некоторое время не поступают с пищей.

Этот процесс называется *глюконеогенезом* и служит для образования глюкозы из продуктов ее распада или веществ не углеводной природы. Исходными веществами для него могут быть пировиноградная или молочная кислоты, ацетилкофермент А, аминокислоты, глицерин, в небольшом объеме жирные кислоты. Глюконеогенез интенсивно протекает в печени и в почках.

Контрольные вопросы и задания.

1. Напишите с указанием промежуточных и конечных продуктов схему гидролиза важнейших углеводов пищи. Какие ферменты ускоряют этот процесс в пищеварительной системе? Какие условия необходимы для действия этих ферментов?
2. Как происходит синтез и распад гликогена в печени? Как регулируются эти процессы?
3. Каковы особенности транспорта углеводов через клеточные мембраны?
4. Как происходит активация глюкозы? Какие процессы в обмене глюкозы начинаются с ее активации?
5. Напишите с применением структурных формул и объясните схему окисления фосфоглицеринового альдегида в процессе гликолиза. Покажите в ней химизм действия соответствующего фермента.
6. Напишите уравнения реакций тех стадий гликолиза, которые представляют собой субстратное фосфорилирование.
7. Напишите уравнение реакции образования молочной кислоты из пировиноградной. В каких условиях происходит обратное превращение молочной кислоты в пировиноградную?
8. Напишите суммарное уравнение окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Какие витамины должны поступать в организм с пищей, чтобы обеспечивался синтез всех необходимых для этого процесса ферментов?
9. Напишите структурные формулы всех субстратов окисления, возникающих в цикле трикарбоновых кислот.
10. Почему реакции цикла трикарбоновых кислот могут осуществляться только в аэробных условиях?
11. Сделайте расчет количества АТФ, которое может быть ресинтезировано за счет полного окисления глюкозы

до углекислого газа и воды в реакциях субстратного и медиаторного окислительного фосфорилирования. Какая часть от общего количества АТФ образуется в анаэробной фазе распада? При окислительном декарбоксилировании пировиноградной кислоты? В реакциях, сопряженных с циклом трикарбоновых кислот?

12. Какие вещества могут образовываться из глюкозы в процессах пластического обмена?

13. Что такое глюконеогенез? Какие вещества могут служить субстратами этого процесса? Как он регулируется?

Тема 9. ОБМЕН ЛИПИДОВ.

Цель изучения темы: научиться применять знания о строении, свойствах и превращениях различных классов липидов для объяснения избирательной проницаемости клеточных мембран, особенностей функционирования нервной ткани, энергетики мышечной деятельности и восстановительных процессов, проявления защитных свойств организма.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Депонирование и мобилизация липидов, регуляция этих процессов.
2. β -окисление жирных кислот, образование ацетилкофермента А в этом процессе.
3. Пути использования ацетилкофермента А, полученного из жирных кислот: окисление в цикле трикарбоновых кислот, синтез кетоновых тел, синтез холестерина.
4. Превращения глицерина.
5. Энергетический эффект окисления глицерина и

жирных кислот. Использование кетоновых тел в качестве источника энергии для мышечной работы.

6. Общие представления о синтезе жирных кислот и образовании глицерина.

7. Биологическая роль и внутриклеточные превращения фосфолипидов, гликолипидов, стероидов.

Целевые задачи.

На основе знаний основных путей обмена нейтральных жиров научиться выявлять энергетическую функцию липидов при мышечной деятельности и в период отдыха после работы, причины ожирения у лиц, ведущих малоподвижный образ жизни.

На основе знания основных путей обмена жироподобных соединений объяснять их роль при мышечной деятельности.

Методические указания к изучению темы.

Липиды, образовавшиеся из продуктов пищеварения, поступают, в основном, в депо, где откладываются в запас. Они могут мобилизоваться при увеличении потребности организма в них. Часть вновь синтезированных липидов поступает в клетки различных органов, где используется преимущественно как структурный компонент протоплазмы и мембран клеток. Эти липиды, в отличие от депонированных, обладают видовой специфичностью и значительной устойчивостью.

Поскольку липиды и некоторые их составные части нерастворимы в воде, для переноса из одного органа в другой они образуют особые транспортные частицы, в составе которых обязательно есть белковый компонент. В зависимости от места образования эти частицы различаются структурой, соотношением составных частей и плотностью. В настоящее время изучение таких транспортных частиц дает возможность с большой

степенью точности оценивать состояние липидного обмена организма и использование липидов в качестве источников энергии.

Мобилизация липидов из депо особенно усиливается при охлаждении организма, длительной мышечной работе, понижении содержания углеводов. Мобилизация представляет собою *липолиз* (гидролитическое расщепление) липидов и включение продуктов этого расщепления в обменные процессы в различных органах.

Продуктами липолиза жира являются глицерин и жирные кислоты. Наибольшее их количество потребляется из крови мышцами, печенью, легочной тканью. Жирные кислоты подвергаются распаду в процессе β -окисления до ацетилкофермента А. Энергия окисления частично выделяется в виде тепла, частично накапливается в молекулах АТФ. При изучении этого процесса целесообразно написать последовательные превращения жирных кислот в виде схемы, в которой особо выделить стадии биологического окисления и сопряженного с ним ресинтеза АТФ.

В мышцах при физических нагрузках ацетилкофермент А, образованный из жирных кислот, полностью включается в цикл трикарбоновых кислот, расщепляясь до CO_2 и воды. В печени, в условиях, когда скорость образования ацетилкофермента А при β -окислении высока, а скорость окисления в цикле трикарбоновых кислот недостаточна, происходит его превращение в кетоновые тела, поступающие затем в кровь. Мышцы могут извлекать кетоновые тела из крови и окислять до CO_2 и воды в качестве источника энергии.

Другой продукт липолиза — глицерин — также может служить источником энергии, но он окисляется медленнее, чем жирные кислоты. Начинается процесс окисления с его преобразования в фосфоглицериновый

альдегид, дальнейшие превращения которого протекают по пути гликолиза. В печени глицерин может включаться в процесс новообразования глюкозы.

Изучая окислительный распад глицерина и жирных кислот, следует подсчитать общий энергетический эффект этого процесса, выразив его числом молекул АТФ, которые способны ресинтезироваться за счет энергии окисления грамм-молекулы любого часто встречающегося триглицерида, например, тристеарина или трипальмитина.

Изучая внутриклеточные превращения липоидов, можно детально не рассматривать их химизм, обратив особое внимание на биологическую роль этих соединений.

Контрольные вопросы и задания.

1. Какие органы играют роль жировых депо? Какие химические превращения могут в них происходить?
2. Как осуществляется транспорт липидов в организме?
3. Что такое мобилизация липидов? Чем она регулируется?
4. Рассчитайте количество АТФ, которое образуется в реакциях, сопряженных с полным окислением молекулы стеариновой кислоты.
5. Напишите с применением структурных формул схему полного окисления глицерина до CO_2 и H_2O , выделите в этом процессе стадии биологического окисления.
6. Почему жиры могут окисляться только в аэробных условиях? Назовите органы, в которых продукты распада жиров окисляются с наибольшей интенсивностью.
7. Какие вещества относятся к кетоновым телам? В каких условиях образование кетоновых тел усиливается?
8. Какие реакции происходят при использовании кетоновых тел в качестве источников энергии в мышцах?
9. Напишите схему биохимических превращений, с

помощью которых можно получить жирные кислоты из глюкозы.

10. Какие условия необходимы для синтеза жиров из глицерина и жирных кислот? В каких случаях наблюдается избыточное накопление жира в организме человека?

Тема 10. ОБМЕН БЕЛКОВ.

Цель изучения темы: научиться применять знания о строении, свойствах и обмене белков для выявления особенностей функционирования различных биохимических систем организма человека, регуляции их деятельности.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Понятие о метаболическом фонде аминокислот. Пути использования аминокислот в организме.
2. Внутриклеточный распад белков.
3. Распад нуклеиновых кислот.
4. Катаболизм аминокислот, его связь с циклом трикарбоновых кислот.
5. Образование заменимых аминокислот и биологически активных производных аминокислот.
6. Пути устранения аммиака. Синтез мочевины.
7. Общие представления об обмене хромопротеидов.

Целевые задачи.

На основе знания основных этапов внутриклеточных превращений белков и аминокислот научиться оценивать энергетическую ценность их для выполнения физических нагрузок, роль белков в пластическом обеспечении физиологических функций, значение отдельных реакций обмена белков и аминокислот в образовании регуляторов

метаболизма при мышечной деятельности, применять знания об азотистом обмене для понимания основ деятельности механизмов поддержания кислотно-щелочного равновесия в организме.

Научиться применять определение содержания в крови и в моче метаболитов белкового обмена для оценки функционального состояния спортсменов.

Методические указания к изучению темы.

Обмен белков — центральный процесс всего обмена веществ. Он тесно связан с обменом всех других классов соединений и играет первостепенную роль в разрушении и новообразовании клеточных структур.

Белки пищи в пищеварительной системе расщепляются гидролитически до аминокислот, поступающих в кровь. Метаболический фонд аминокислот крови пополняется также за счет аминокислот, образующихся при гидролизе тканевых белков, аминокислот, синтезируемых из веществ небелковой природы, и при превращениях одних аминокислот в другие. Только часть аминокислот (так называемые «заменимые») может синтезироваться в организме человека. Другие («незаменимые») обязательно должны поступать с пищей. Из метаболического фонда крови каждая клетка тела получает аминокислоты, необходимые ей для синтеза ее специфических белков, а оставшиеся аминокислоты преобразуются в другие классы соединений или распадаются до конечных продуктов обмена и выделяют при этом энергию.

Распад аминокислот протекает с участием ряда реакций: дегидрогенирования (окисления), дезаминирования (отщепления аммиака), переаминирования (переноса аминогруппы с аминокислоты на кетокислоту), декарбоксилирования (выделения

углекислого газа из карбоксильной группы). Сочетаясь в разной последовательности, эти реакции приводят к образованию из аминокислот пировиноградной кислоты, ацетилкофермента А, павелево-уксусной, α -кетоглutarовой, ацетоуксусной, янтарной кислот, распад которых завершается в цикле трикарбоновых кислот образованием углекислого газа и воды. Азот белков, в конечном итоге, оказывается в составе аммиака, который в больших концентрациях ядовит и обезвреживается в печени, включаясь в синтез мочевины. Некоторые реакции распада аминокислот, в частности, реакция переаминирования, одновременно приводят к образованию новых аминокислот, необходимых для белкового синтеза.

Многие производные аминокислот, являющиеся промежуточными продуктами их распада, выступают в роли биологически активных веществ, регулирующих процессы обмена веществ и физиологические функции. Рассматривая реакции распада аминокислот, следует выделить и запомнить эти вещества.

Контрольные вопросы и задания.

1. Напишите схему путей образования и использования метаболического фонда аминокислот
2. Напишите схему процесса окислительного дезаминирования аминокислоты (с применением структурных формул). Дезаминирование какой аминокислоты протекает в организме человека с большой скоростью? Каковы могут быть пути дальнейших превращений продуктов этой реакции?
3. Напишите уравнения двух реакций декарбоксилирования, в результате которых образуются биологически активные амины. Объясните роль этих аминов в регуляции обмена веществ и физиологических

функций.

4. Напишите уравнение реакции персаминирования и укажите возможные пути дальнейших превращений продуктов этой реакции.

Тема 11. ОБМЕН ВОДЫ И МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Цель изучения темы: научиться применять знания о состоянии, распределении и метаболизме воды и минеральных ионов для выявления их роли в построении клеточных структур, регуляции обмена веществ в организме в состоянии покоя и при мышечной деятельности различного характера.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Содержание воды в организме и ее распределение между отдельными тканями. Состояния воды в организме. Биологическая роль воды.
2. Понятие о дисперсных системах, дисперсионной среде, дисперсной фазе. Вода — универсальная дисперсионная среда живых организмов.
3. Важнейшие водно-дисперсные системы организма: кровь, лимфа, моча, слюна, синовиальная жидкость и т.п., их химический состав и структура.
4. Некоторые общие свойства водно-дисперсных систем организма. Диффузия и осмос. Активная реакция среды, ее количественное выражение.
5. Потребность человека в воде и пути ее удовлетворения. Экзогенная вода. Эндогенная вода.
6. Биохимические механизмы регуляции водного баланса организма.
7. Содержание минеральных веществ в организме

человека и их биологическая роль:

- а) участие минеральных веществ в образовании клеточных структур;
 - б) роль минеральных веществ в регуляции ферментативной активности;
 - в) роль ионов в регуляции осмотического давления жидкостных сред организма;
 - г) роль минеральных веществ в регуляции кислотно-щелочного равновесия жидкостных сред организма. Буферные системы организма;
 - д) роль ионов в образовании мембранного потенциала.
8. Распределение минеральных веществ в организме.
 9. Потребность организма в минеральных веществах.
 10. Биохимические механизмы регуляции минерального обмена.

Целевые задачи.

На основании знаний о состояниях, потреблении, образовании в химических реакциях, выделении воды оценивать ее роль в метаболических процессах, перераспределении веществ в организме, осуществлении физиологических функций; выявлять изменения внутренней среды организма, наиболее благоприятные для выполнения различных видов физической и умственной работы и отдыха после нее.

На основании знаний о содержании и распределении в организме различных минеральных ионов, их биологической роли и регуляции их обмена оценивать потребность организма в этих ионах в различных функциональных состояниях организма.

Выявлять значение для организма поддержания постоянства внутренней среды (гомеостаза), оценивать влияние на обмен веществ тех внешних воздействий на организм, которые могут быть применены для поддержания гомеостаза.

Методические указания к изучению темы.

Изучая материал по данной теме, следует помнить, что кровь, лимфа, моча, слюна, желудочный и кишечный сок, синовиальная жидкость, внутреннее содержимое живых клеток и т. п. представляют собой жидкие дисперсные системы (растворы), в которых дисперсионной средой является вода. Огромная роль воды в организме связана с сильной полярностью ее молекул и способностью их взаимодействовать как между собой, так и с полярными молекулами других веществ (гидратацией). Гидратация резко ослабляет силы взаимодействия электрических зарядов и способствует диспергированию (дроблению) кристаллов растворяемых веществ до отдельных ионов, молекул или небольших молекулярных агрегатов. Свойства водно-дисперсных систем зависят от химической природы раздробленного и распределенного между молекулами воды вещества, особенностей его взаимодействия с водой, размера его частиц, а также от количества частиц в единице объема (концентрация раствора).

В жизнедеятельности растений, животных и человека большую роль играют такие свойства растворов, как диффузия и осмос. Изучая эти свойства, следует особое внимание обратить на пространственную направленность этих процессов и факторы, определяющие их скорость, а также четко определить для себя понятия «пассивная диффузия», и «облегченная диффузия», «активный транспорт».

Свойства воднодисперсных систем организма во многом зависят от соотношения концентраций водородных и гидроксильных ионов в них (активной реакции среды), количественно выражаемого водородным показателем (рН) раствора. Точное определение водородного показателя биологических жидкостей имеет большое практическое

значение, т. к. большинство биохимических процессов может протекать только при строго определенной реакции среды: нейтральной, щелочной или кислотной. Изменение реакции среды может не только увеличить или уменьшить скорость процесса (действуя в основном через изменение активности ферментов), но и изменить его направление. В процессах обмена веществ в живых организмах постоянно образуются промежуточные соединения кислого или щелочного характера, которые могли бы сильно изменить реакцию среды в клетках, крови и других биологических жидкостях. Однако реальное изменение ее либо совсем не происходит, либо наблюдается незначительный сдвиг рН. Это объясняется присутствием в организме так называемых буферных систем, способных связывать избыток водородных или гидроксильных ионов в слабо диссоциирующие молекулы — переводить активную кислотность или щелочность в потенциальную.

Способность воды ослаблять межмолекулярные и межклеточные связи облегчает их преобразование в химических реакциях. Вода является непосредственным участником реакций гидролиза полисахаридов, липидов, белков, нуклеиновых кислот. Во многих случаях присоединение воды к органическим молекулам облегчает их окисление. Количество воды в теле человека зависит от его возраста, пола, двигательной активности, а в различных органах изменяется в зависимости от особенностей их строения и функционирования. В среднем в организме человека содержится около 70% воды. Вода не только поступает в организм из внешней среды (экзогенная), но и образуется в нем при дегидратации веществ и аэробном биологическом окислении (эндогенная).

Обладая низкой вязкостью, текучестью, хорошей растворяющей способностью, она выполняет

транспортные функции. Высокая теплоемкость воды позволяет ей быть эффективным терморегулятором. Вместе с другими соединениями она участвует в качестве основного компонента в формировании единой клеточной структуры. Свои функции вода выполняет, находясь в трех основных состояниях, связанных взаимными переходами: гидратационном, иммобильном, свободном. Изучая эту тему, следует обратить внимание на различия в свойствах воды, находящейся в разных состояниях.

Рассматривая поступление воды в организм и ее распределение между различными органами, нужно отметить роль осмотических процессов в ее транспорте. Изучая потребность организма в воде, нужно не только знать, какое количество воды должно поступать в организм в определенном возрасте, в определенных условиях внешней среды и функциональной активности, но и представлять, какие последствия для организма имеет недостаточное или избыточное ее потребление. Обмен воды тесно связан с обменом минеральных веществ, находящихся в организме, главным образом, в виде различных ионов. Поскольку в организме человека содержится более ста различных видов ионов, изучение их обмена целесообразнее осуществлять, распределив их по группам в соответствии с наличием в их составе макро-, микро- или ультрамикрорезлементов.

Биологическая роль минеральных веществ многообразна. Изучая ее, нужно не только выяснить основные функции, выполняемые в организме различными ионами, но и объяснить конкретные механизмы их действия.

Рассматривая влияние ионов на кислотно-щелочное равновесие, нужно обратить внимание на соотношение в действии различных буферных систем, особо выделив гемоглобиновую буферную систему крови, а также на роль

почек и легких в поддержании постоянства активной реакции среды организма. Выяснить значение терминов «ацидоз» и «алкалоз» и разобраться в путях возникновения этих состояний в организме.

Для того, чтобы лучше представлять себе потребность организма в различных ионах, целесообразно по данным учебника и дополнительной литературы составить таблицу суточной потребности в них у спортсменов и людей, не занимающихся спортом.

Контрольные вопросы и задания.

1. Какие факторы оказывают влияние на содержание воды в организме?
2. Какова биологическая роль воды?
3. Что такое дисперсная система? Приведите примеры водно-дисперсных систем организма человека.
4. Что такое диффузия и каковы ее причины? Чем определяется скорость диффузии? Каковы различия между пассивной диффузией, облегченной диффузией и активным транспортом веществ?
5. Какой процесс называется осмосом? Как рассчитывается осмотическое давление раствора неэлектролита? Электролита?
6. Что такое тургор? Плазмолиз? Гемолиз?
7. Чем определяется активная реакция среды растворов?
8. Что такое водородный показатель? Каковы его значения в кислой, нейтральной и щелочной среде?
9. В чем заключается буферное действие?
10. Что такое гидратационная вода? Имобильная вода? Свободная вода? Как распределяется вода между различными тканями и органами?
11. Каковы биохимические механизмы, регулирующие потребление и выведение воды?

12. Какова суточная потребность организма в различных минеральных веществах? Какие факторы на нее влияют?
13. Приведите примеры регуляции ферментативной активности ионами металлов.
14. Объясните, как связано набухание мышечных волокон при активной мышечной деятельности с обменом минеральных ионов.
15. Напишите уравнения реакций, которые происходят при связывании избытка водородных или гидроксильных ионов бикарбонатной, фосфатной и гемоглобиновой буферными системами.
16. Что такое компенсированный и некомпенсированный ацидоз и алкалоз?
17. Каковы особенности гормональной регуляции минерального обмена?

Тема 12. ВЗАИМОСВЯЗЬ И РЕГУЛЯЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ.

Цель изучения темы: научиться применять знания о молекулярных механизмах регуляции обмена веществ для выбора путей внешних воздействий на организм человека с целью ускорения адаптации его к физическим нагрузкам.

Учебно-целевые вопросы (план самоподготовки по теме).

1. Взаимосвязь обмена углеводов, липидов, белков, нуклеиновых кислот: наличие общих промежуточных продуктов обмена; наличие общих путей превращений различных классов соединений; возможность взаимопревращений различных классов соединений; центральная роль ацетилкофермента А в обменных процессах.
2. Скорость химических реакций как основной

регулируемый фактор.

3. Важнейшие регулирующие системы организма: система клеточной авторегуляции, эндокринная система, нервная система, система клеточной дифференцировки.

4. Пути осуществления регулирующих воздействий на уровне клетки:

- а) регуляция на основе закона действующих масс;
- б) регуляция за счет изменения доступности субстратов и кофакторов. Участие клеточных мембран и внутриклеточных структур в регуляции обмена веществ;
- в) регуляция ферментативной активности;
- г) регуляция количества ферментов в клетке.

5. Эндокринная регуляция обмена веществ:

- а) общие представления о химической природе гормонов;
- б) химизм гормонального действия (роль циклических АМФ, ГМФ и ионов кальция в активации и ингибировании ферментативной активности гормонами; влияние гормонов на проницаемость клеточных мембран; роль гормонов в индукции и репрессии синтеза ферментов).

6. Нервная регуляция обмена веществ:

- а) особенности обмена веществ в нервной ткани;
- б) образование медиаторов (нейрогормонов). Химизм их воздействия на клеточную систему авторегуляции.

Целевые задачи.

На основе знаний основных принципов регуляции обмена веществ научиться объяснять действие конкретных механизмов регуляции метаболических процессов на клеточном, органном и организменном уровне.

На основе знаний об особенностях функционирования главных регуляторных систем

организма (нервной, гормональной, авторегуляции, клеточной дифференцировки) научиться объяснять их роль при проявлениях мышечной активности и в период отдыха после работы.

Методические указания к изучению темы.

Изучая данную тему, следует помнить, что в организме одновременно протекает множество химических реакций. Их скорости в каждый данный момент времени соответствуют потребностям организма в продуктах этих реакций. Изменение внешних условий существования или функциональной активности организма быстро приводит и к изменениям скоростей реакций, позволяя организму наилучшим образом приспособиться к новым условиям.

Тонкое согласование всех протекающих в организме процессов возможно благодаря существованию целой сети регуляторных механизмов, действующих на разных уровнях организации живого тела. Клеточный обмен у всех живых организмов регулируется в основном одинаковыми системами. Высокоразвитые организмы, кроме того, имеют системы регуляции на расстоянии: нервную, гормональную и систему клеточной дифференцировки. В ходе регуляции внутри клетки, на уровне отдельного органа или в масштабах целого организма реализуются одни и те же основные принципы регуляции: принцип обратной связи, принцип лимитирующих реакций и принцип общих путей.

Согласно принципу обратной связи скорость реакции зависит от количества образующегося продукта реакции. Если увеличение концентрации продукта реакции приводит к уменьшению скорости реакции, обратная связь называется отрицательной. Если в результате реакции образуется вещество, увеличивающее ее скорость, говорят

о положительной обратной связи или автокатализе. Так как в организме идут не единичные реакции, а целые системы реакций, проявление принципа обратной связи может усложняться: скорость начальной реакции процесса регулируется не ее непосредственным продуктом, а промежуточным или конечным продуктом всего процесса в целом.

В системе взаимосвязанных реакций действует и второй принцип регуляции — принцип лимитирующих реакций: биохимический процесс в целом протекает со скоростью самой медленной его реакции, хотя многие его реакции в отдельности могли бы идти и с большими скоростями.

Если одно и то же вещество может включаться в разные биохимические процессы, то в каждый данный момент времени преобладать будет тот процесс, для которого в существующих условиях имеется наименьшее число ограничений. Таково проявление принципа общих путей в регуляции.

Основные принципы регуляции могут реализовываться в организме многими способами, однако в конечном итоге большинство этих способов связано с изменением скорости реакции путем воздействия на катализирующий ее фермент. Изучая по учебнику материал данной темы, следует внимательно рассмотреть конкретные способы осуществления регулирующих воздействий.

Сравнительно медленно протекающие ответные реакции организма на внешние воздействия (осуществляемые в течение нескольких минут, часов, недель) связаны с действием гормонов - биологически активных веществ, выделяемых в кровь железами внутренней секреции и оказывающих активное влияние на обмен веществ даже в очень малых концентрациях.

Быстрые ответные реакции требуют участия нервной системы. Нервная система контролирует и выработку гормонов. Наблюдается и обратное воздействие гормонов на нее. Гормоны одной железы могут стимулировать или подавлять выделение гормонов другой железой. Гормоны могут находиться в активном (свободном) и малоактивном (связанном с белками) состоянии.

Регулирующее действие гормонов на обменные процессы многообразно. Оно сильно зависит от химической структуры гормона. Малейшие изменения в ней могут изменить функцию гормона. Это хорошо видно на примере стероидных гормонов. Структурные различия между ними невелики, однако одни стероидные гормоны регулируют обмен углеводов и белков, другие оказывают влияние на обмен электролитов и т. п. Механизм действия гормонов не во всех случаях известен. Часто гормоны выступают как активаторы или ингибиторы ферментов; продукты превращения других гормонов приобретают каталитическую активность и входят в состав сложных ферментов, гормоны могут усиливать или подавлять синтез ферментов и коферментов, многие гормоны изменяют проницаемость клеточных мембран.

Для того, чтобы лучше ориентироваться в структуре и функциях гормонов, целесообразно при их изучении составить таблицу, разделив все гормоны по химической природе на три группы: гормоны-белки, гормоны — производные аминокислот; стероидные гормоны.

Название гормона	Какой железой вырабатывается гормон	Формула гормона	На какие процессы оказывает воздействие гормон	Механизм действия гормона

Изучая регуляцию обмена нервной системой, следует обратить внимание на действие химических процессов, приводящих к возникновению мембранного потенциала, как важнейшего условия появления и проведения нервного импульса, а также на выработку передатчиков нервных импульсов (медиаторов или нейрогормонов). Пути воздействия медиаторов на обменные процессы в клетках во многом сходны с путями воздействия гормонов.

Обмен всех классов соединений представляет собой единое целое. Это единство проявляется в существовании в процессах превращений разных классов веществ одинаковых промежуточных продуктов обмена - ключевых метаболитов и коферментов, а также в наличии упорядоченных клеточных структур, сближающих и закрепляющих в пространстве активные центры различных ферментов, благодаря чему с большой скоростью могут осуществляться сопряженные биохимические процессы. Наконец, в том, что завершается окислительный распад любого класса соединений в одном и том же цикле трикарбоновых кислот.

Рассматривая взаимосвязь процессов обмена углеводов, липидов, белков, нуклеиновых кислот, следует запомнить ключевые метаболиты и типы химических реакций, с помощью которых возможно превращение одного класса соединений в другой.

Контрольные вопросы и задания.

7. Напишите схему образования ацетилкофермента А из различных классов соединений и возможных путей его использования в процессах обмена веществ.
8. Составьте схему, отражающую последовательность реакций получения аминокислоты аланина из глюкозы.
9. Составьте схему, отражающую последовательность реакций получения жирной кислоты из глюкозы.
10. Приведите пример проявления принципа обратной

связи в регуляции процесса гликолиза.

11. Приведите пример автокатализа, происходящего в пищеварительной системе.
12. Приведите примеры коферментной регуляции обменных процессов
13. Приведите примеры влияния изменений проницаемости клеточных мембран для субстратов и коферментов на скорость реакций в клетке.
14. Каковы особенности структурной организации ферментных систем в клетке?
15. Какие вам известны способы изменения ферментативной активности?
16. В чем заключается индукция и репрессия синтеза ферментов?
17. Каковы пути воздействия гормона адреналина на энергетический обмен в мышцах, печени, жировой ткани?
18. Чем отличаются пути воздействия на клеточный обмен пептидных и стероидных гормонов?
19. В чем сходство и различия в регуляции обменных процессов гормонами и нервной системой?
20. Какие медиаторы (нейрогормоны) вам известны? В чем заключается их воздействие на клеточный метаболизм?

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

Подписано в печать 4.05.2007. Формат 60x84 1/16.

Тираж 150 экз. Заказ № 781.

**Типография ГОУВПО «Удмуртский государственный университет»
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4.**