

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 27.11.2025 10:56:16

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Приморский государственный аграрно-технологический университет»

Институт животноводства и ветеринарной медицины

ХИМИЯ

Учебное пособие

учебное пособие для обучающихся по основной образовательной программе среднего профессионального образования специальности 36.02.01 Ветеринария

Электронное издание

УДК 619:618:636.082.453.5

ББК 48.76

П 78

ISBN:

Рецензенты:

Г.Г. Колтун, канд. с-х. наук, доцент, руководитель образовательной программы 36.05.01 Ветеринария; ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ

Д.В. Замарацкий, заведующий ветеринарной лечебницей КГБУ «Уссурийская ветеринарная станция по борьбе с болезнями животных».

Проведение работ по профессии рабочего 15830 «Оператор по искусственному осеменению животных и птиц»: учебное пособие для обучающихся по основной образовательной программе среднего профессионального образования по специальности 36.02.01 Ветеринария - [электронный ресурс] :/ сост. А.А.Кожушко, Д.В. Капралов; ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ. –Электрон. Текст. Дан.: - Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, 2025. - 151 с.- Режим доступа: www.de.primacad.ru

Учебное пособие предназначено для обучающихся в системе среднего профессионального образования по специальности 36.02.01 «Ветеринария» и рабочей профессии «Оператор искусственного осеменения животных и птиц». Помимо основного назначения, оно может быть использован в качестве практического пособия ветеринарными специалистами сельхозпредприятий, ветеринарных клиник.

Электронное издание

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ

© Кожушко А.А., 2025

© Капралов Д.В., 2025

© ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, 2025

Введение

Биологическая химия является одним из важнейших разделов химической науки. В соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООп ВПО по специальности 111801.65 «Ветеринария» дисциплина изучает химические закономерности биологически активных веществ; основные физические, химические основы жизнедеятельности организма и процессы, происходящие в организме с точки зрения общебиологической науки. Современная биологическая химия – настолько обширная область естествознания, что многие ее разделы представляют собой самостоятельные, хотя и связанные между собой научные дисциплины.

Краткий курс лекций по дисциплине «Биологическая химия» раскрывает основные законы биологической химии, на которых базируются последующие химические дисциплины, она включает в себя введение в биологическую химию, изучает основные классы биологически активных соединений, их превращения и связанные с ними превращения энергии в организме животных. Основное назначение биохимии сводится к тому, чтобы решать на молекулярном уровне задачи фундаментальные и общебиологические.

Курс нацелен на формирование ключевых компетенций, связанных с пониманием основных понятий и законов биологической химии, грамотным подбором условий и химических компонентов для решения профессиональных задач, использованием навыков основных законов естественнонаучных дисциплин для теоретических и экспериментальных исследований в ветеринарии.

Лекция 1

ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКУЮ ХИМИЮ. ХИМИЯ БЕЛКОВ

1.1. Предмет биологической химии и его значение

Биологическая химия – это наука о молекулярной сущности жизни. Она изучает химическую природу веществ, входящих в состав живых организмов, их превращения, а также связь этих превращений с деятельностью клеток, органов и тканей и организма в целом.

Главная задача биохимии – установление связи между молекулярной структурой и биологической функцией химических компонентов живых организмов.

Биохимия включает три раздела:

- *Статическая биохимия* изучает количественный и качественный состав живых организмов.
- *Динамическая биохимия* изучает превращения химических соединений и связанные с ними превращения энергии в организме животных.
- *Функциональная биохимия* вскрывает связи между процессами превращения веществ организма и функциями в тканях и органах.

Главными направлениями задач являются:

- Дифференцировка клеток высших организмов (эукариот);
- Организация и механизм функционирования генома;
- Регуляция действия ферментов и теория энзиматического катализа;
- Молекулярные основы соматических и наследственных заболеваний животных, злокачественного роста, иммунитета;
- Рациональное питание;
- Биосинтез белка;
- Биологические мембраны и биоэнергетика.

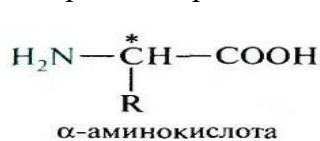
1.2. Классификация, строение и свойства аминокислот

Аминокислотами называются гетерофункциональные органические соединения, молекулы которых содержат одновременно аминную и карбоксильную группы.

В организме млекопитающих найдено около 70 аминокислот, причем 20 из них входят в состав всех белков (протеиногенные аминокислоты), также имеется ряд минорных аминокислот, являющихся компонентами лишь некоторых белков.

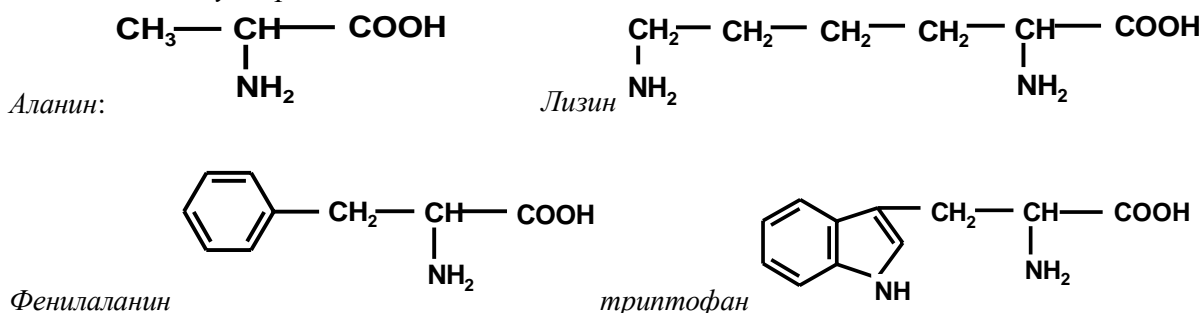
Для протеиногенных аминокислот характерны общие свойства:

- являются производными карбоновых кислот;
- являются α -аминокислотами;
- в растворах и кристаллическом виде являются амфолитами;
- для всех α -аминокислот (кроме глицина) характерна оптическая активность и могут существовать в виде двух оптических активных энантиомеров (D- и L-ряды) и одного оптически неактивного рацемата. Природные и содержащиеся в организме аминокислоты – это L-стереоизомеры:

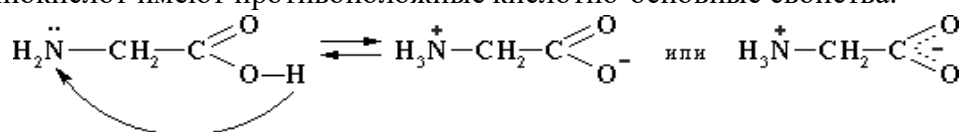


Из 20 α -аминокислот, восемь (*вал, лей, изолей, лиз, тре, мет, фен, три*) – являются незаменимыми, т.е. без них не происходит полноценный синтез белков.

По *полярности радикалов* выделяют аминокислоты с гидрофильными (полярными), гидрофобными (неполярными) радикалами, отрицательно- и положительно заряженные. По *химическому строению* аминокислоты делятся на ациклические и циклические:

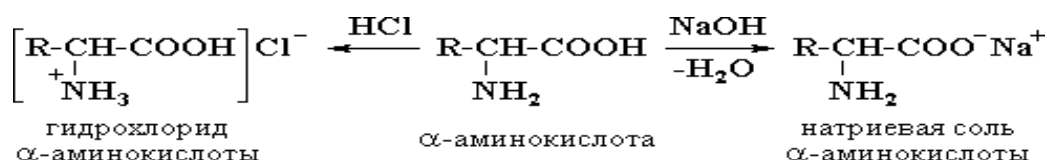


Свойства аминокислот: Являются амфотерными соединениями. Функциональные группы аминокислот имеют противоположные кислотно-основные свойства.



Аминокислоты образуют:

- Соли:



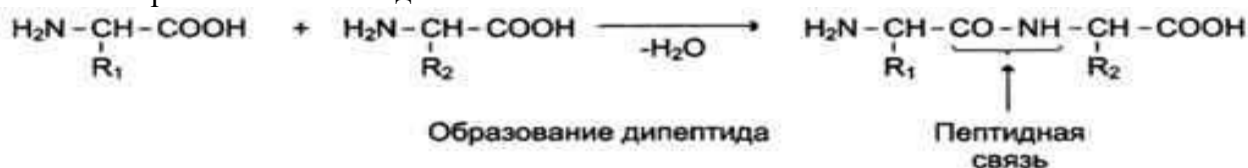
- Сложные эфиры:



- Амиды: $\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CONH}_2$

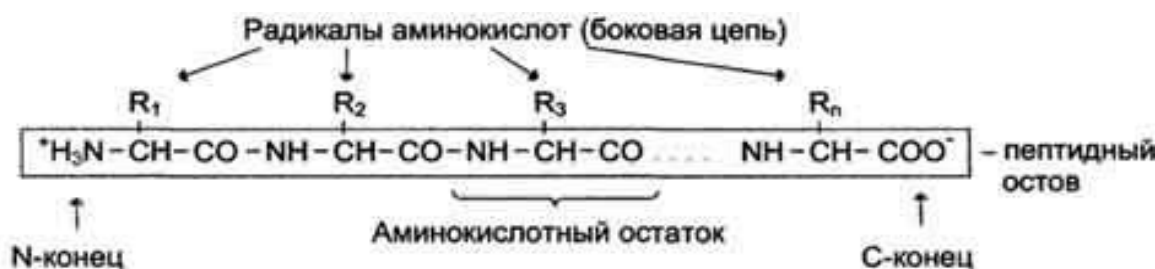
1.3. Пептидная связь. Строение и биологическая роль пептидов

α -Аминокислоты могут ковалентно связываться друг с другом с помощью пептидных связей с образованием пептидов:

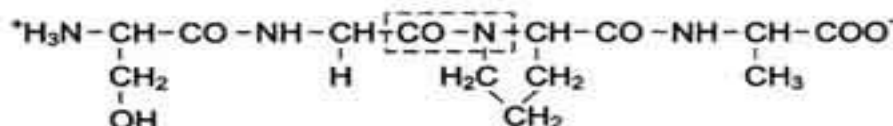


Условно, пептиды содержат в молекуле до 100 аминокислотных остатков, причем олигопептиды не более 10, полипептиды – до 100, белки – свыше 100 (молекулярная масса от 6 тыс.-100 тыс. у.е. и более).

Мономеры аминокислот, входящих в состав белков, называют "аминокислотные остатки". Аминокислотный остаток, имеющий свободную аминогруппу, называется N-концевым и пишется слева, а имеющий свободную α -карбоксильную группу - C-концевым и пишется справа. Пептиды пишутся и читаются с N-конца. Цепь повторяющихся атомов в полипептидной цепи $-\text{NH}-\text{CH}-\text{CO}-$ носит название "пептидный остов":

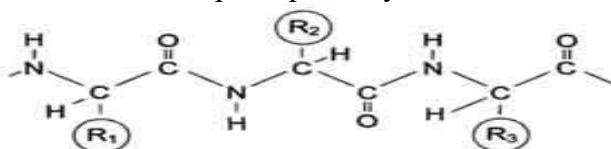


При названии полипептида к сокращённому названию аминокислотных остатков добавляют суффикс **-ил**, за исключением С-концевой аминокислоты:



Тетрапептид: серилглицилпролилаланин

Пептиды различаются по аминокислотному составу, количеству и порядку соединения аминокислот. Пептидная связь имеет характеристику частично двойной связи:



Транс-конфигурация пептидных связей и радикалов

В живых организмах пептидные связи в белках разрываются с помощью специальных протеолитических ферментов (от англ. *protein* - белок, *lysis* - разрушение), называемых протеазами, или пептидгидролазами.

Биологическая роль пептидов: В организме животных вырабатывается множество пептидов, участвующих в регуляции различных биологических процессов и обладающих высокой физиологической активностью. По основному физиологическому действию условно пептиды делят на следующие группы:

- пептиды, обладающие гормональной активностью;
- пептиды, регулирующие процессы пищеварения;
- пептиды, регулирующие тонус сосудов и артериальное давление;
- пептиды, регулирующие аппетит;
- пептиды, обладающие обезболивающим действием
- пептиды, участвующие в регуляции высшей нервной деятельности.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое биологическая химия? Что она изучает? Назовите главные направления задач биохимии.
- 2) Какие соединения называются аминокислотами? Приведите классификацию по биологическому значению аминокислот, по полярности радикалов и химическому строению.
- 3) Приведите структурные формулы 20 аминокислот, входящих в состав живого организма. Назовите их.
- 4) Охарактеризуйте физико-химические свойства аминокислот. Напишите соответствующие уравнения реакций.
- 5) Какая связь называется «пептидной»? Строение и биологическая роль пептидов.
- 6) Напишите образование пептида, состоящего из следующих аминокислот: аланина, валина, тирозина, лейцина, аспарагиновой кислоты, глутамина, лизина, гистидина. Назовите пептид согласно номенклатуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 2

ХИМИЯ БЕЛКОВ

2.1. Характеристика, функции и классификация белков

Белки – высокомолекулярные азотсодержащие органические вещества, состоящие из остатков α -аминокислот, соединенных между собой пептидной связью.

Классификация: Белок, состоящий только из α -аминокислот называется *протеином* (от греч. *protos* – простой); белок, состоящий из α -аминокислот и других органических и неорганических веществ называется *протеидом* (сложный белок).

Простые белки: альбумины, глобулины, гистоны, коллагены, кератины, проламины.

Сложные белки: фосфопротеины, нуклеопротеины, хромопротеины, липопротеины, гликопротеины.

Функции белков: Структурная или опорная, каталитическая, транспортная; сократительная, регуляторная, защитная, энергетическая (при распаде 1г белка образуется 16,8-17,6 кДж энергии), когенетическая, питательная.

2.2. Структурная организация белков

4 уровня структурной организации белков:

Первичная структура – специфический набор и последовательность аминокислот в белковой цепочке. В каждом организме свои белки с разной первичной структурой.

Вторичная структура – это способ скручивания цепи в пространстве за счет водородных связей между группами NH и CO. Различают конформацию: α -спираль и складчатая β -структура (наз. складчатый лист или слой).

Третичная структура – это трехмерная конфигурация закрученной α -спирали или β -структуры в пространстве, приводящая к сгибанию полипептидных цепей и спиралей в агрегаты разнообразной формы. Образуется за счет дисульфидных мостиков -S-S- между цистеиновыми остатками, водородных связей, гидрофобных и ионных взаимодействий разных функциональных групп остатков аминокислот.

Четвертичная структура – агрегаты нескольких белковых макромолекул с небелковыми фрагментами, объединенные в одну субъединицу. Эта структура характерна для сложных белков, а именно нативных белковых тел.

2.3. Физико-химические свойства белков

Физико-химические свойства белков зависят от их класса. Молекулы *фибриллярных* белков вытянуты в длину, нитеобразны и склонны группироваться одна возле другой с образованием волокон – это основной строительный материал сухожилий, мускульных и покровных тканей. Такие белки в воде нерастворимы. *Глобулярные* белки компактны, цепи изогнуты и имеют форму сферы или клубочка, они выполняют ряд жизненных функций, требующих их подвижности, и следовательно, растворимости.

Белки, находящиеся в нативном белковом теле чувствительны к внешним воздействиям, они теряют свои изначальные физико-химические и биологические свойства даже от незначительных изменений температуры, pH-среды, радиации и других воздействий, выпадая в осадок (денатурация, высаливание).

Для белков характерны электрохимические свойства. В электрическом поле белковые молекулы передвигаются к различным полюсам: отрицательно заряженные белки перемещаются к «+» заряженному электроду и наоборот. Белковая молекула, лишенная заряда находится в изоэлектрическом состоянии, а pH при этом называется изоэлектрической точкой (pI). Она является характерной константой и для большинства белков животных тканей лежит в пределах от 5,5 до 7,0, что свидетельствует о частичном преобладании кислых аминокислот. В изоэлектрической точке белки неустойчивы и выпадают в осадок (коагулируют). При добавлении электролита белок может перезарядиться и возвращаться в растворенное состояние – явление *пептизации*.

Более того, белки обладают *специфичностью*, т.е. для каждого живого организма свой набор специфических белков. Для них характерно явление *диффузии* и *осмоса*, обладают определенным *осмотическим давлением*.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Какие соединения называются белками? Приведите их классификацию
- 2) Структурная организация и основные функции белков. Приведите примеры
- 3) Охарактеризуйте физико-химические свойства белков.
- 4) Что называется изоэлектрической точкой белка. Приведите примеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 3

БИОКАТАЛИЗАТОРЫ

3.1. Общая характеристика ферментов

Биохимические реакции, протекающие в живой клетке, требуют участие биокатализаторов – **ферментов** (*энзимы*). Слово "фермент" происходит от лат. *fermentum* - закваска, а "энзим" - от греч. *en* - в, внутри. Это вещества сложного строения, белковой структуры. Вещества, которые ферменты подвергают химическому превращению, называются **субстратами**. Большинство ферментов обладает четвертичной структурой. Молекулярная масса ферментов: 12тыс.–1млн. Дальтон. Размеры ферментов значительно превышают размеры субстратов.

Если небелковая часть фермента состоит из неорганических веществ (ионы металлов) ее называют **кофактором**. Если состоит из сложных органических веществ (водорастворимые витамины) и обуславливает активность фермента, эту часть называют **коферментом** (*коэнзимом*). Белковую часть в ферменте называют **апоферментом** (*апоэнзимом*). Весь каталитически активный фермент вместе с небелковой частью называется **холоферментом**.

Установлено, что коэнзим определяет *региоселективность* биохимических процессов по типам реакций, а апоэнзим отвечает за формирование субстратной *специфичности*.

Успешное функционирование некоторых ферментов требует присутствия в организме микродоз некоторых металлов (Mg, Zn, Mo, Cu), которые являются *активаторами*

ферментов. Коферменты и ионы металлов – термостабильны, а белковая часть – термолабильна.

3.2. Классификация и номенклатура ферментов

Известно более 1 тыс. ферментов. Ферменты имеют тривиальные названия, которые составляются путем прибавления окончания – *аза* к слову, обозначающему субстрат на который действует фермент. Исключения составляют пищеварительные ферменты, для которых укоренились названия, оканчивающиеся на *ин*.

В настоящее время используется схема классификации и рациональной номенклатуры ферментов, принятые в 1961 г. Международным биохимическим союзом. В основу её положен тип химической реакции, катализируемой данным ферментом и его специфичность. При этом каждый фермент обозначается кодом из четырех цифр (например, КФ 1.1.1.27):

1 *цифра* – класс ферментов, она указывает на тип химической реакции, катализируемой ферментами.

2 *цифра* – обозначает подкласс, уточняет действие фермента, указывая на природу химической группы субстрата, атакуемой ферментом;

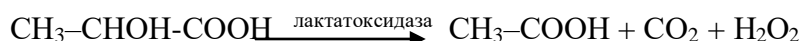
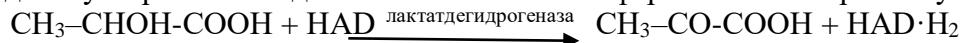
3 *цифра* – подподкласс, еще более конкретизирует действие фермента, уточняя природу атакуемой связи субстрата и природу акцептора;

4 *цифра* – обозначает порядковый номер фермента в данном классе.

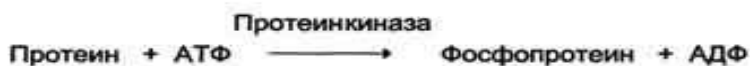
Согласно Международной **классификации** ферменты делят на 6 классов:

1. **Оксидоредуктазы** – катализируют окислительно-восстановительные реакции, лежащие в основе биологического окисления. Они делятся на анаэробные и аэробные дегидрогеназы (оксидазы).

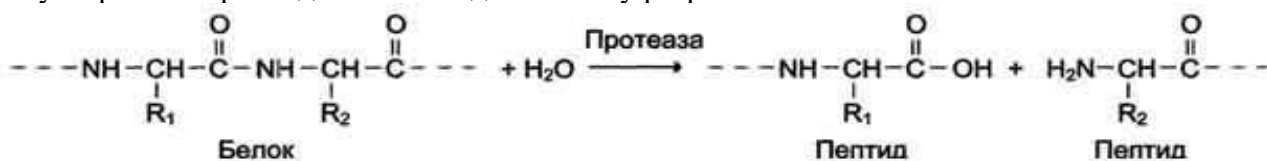
На каждый субстрат может действовать несколько ферментов и по-разному:



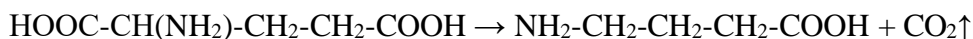
2. **Трансферазы** – обеспечивают перенос целых функциональных групп и остатков (ацильных, фосфатных, гликозидных и др.) от одного субстрата к другому:



3. **Гидролазы** – катализируют разрыв внутримолекулярных связей (кроме –С-С-связи) в субстратах с присоединением воды по месту разрыва:



4. **Лиазы** – катализируют разрыв связей в субстратах без присоединения воды, т.е. осуществляют не гидролитическое расщепление связей –С-С-, –С-О-, С-Н-, –С-S-, а также участвуют в отщеплении воды, сероводорода, углекислого газа.



5. **Изомеразы** – осуществляют внутримолекулярные перегруппировки с образованием изомеров:



6. **Лигазы (синтетазы)** – катализируют образование связей –C-C-, -C-O-, C-N, -C-S, а именно осуществляют синтез соединения двух субстратов, участвуют в расщеплении пирофосфатных связей, чем поставляют энергию для синтеза.



3.3. Структура и механизм действия ферментов

В трехмерной структуре фермента различают несколько функциональных участков. Сочетание функциональных групп определенных аминокислотных остатков, необходимых для осуществления ферментативной реакции, получило название **активного центра фермента**. В нем содержится *контактный* участок, обеспечивающий связывание субстрата ферментом, и *каталитический* центр, принимающий непосредственное участие в осуществлении ферментативной реакции.

Функциональные группы субстратов, участвующие в реакции, аминокислотные остатки и функциональные группы активного центра вследствие наличия вторичной и третичной структуры белка, т.е. изогнутости и скручивания цепи в пространстве, расположены близко друг к другу. Это свойство активного центра называют *эффектом сближения* и *ориентации* реагентов. Такое упорядоченное расположение субстратов вызывает уменьшение энтропии и, как следствие, снижение энергии активации (E_a), что определяет каталитическую эффективность ферментов.

В участке связывания субстрат взаимодействует с ферментом, формируя фермент-субстратный комплекс. В каталитическом участке субстрат претерпевает химическое превращение в продукт, который затем высвобождается из активного центра фермента. Схематично процесс катализа можно представить уравнением:

$E + S \leftrightarrow ES \leftrightarrow EP \leftrightarrow E + P$, где E - энзим, S - субстрат, P - продукт. Данные обозначения общеприняты и происходят от английских слов *enzyme*, *substrat*, *product*.

Некоторые ферменты имеют **аллостерический** или **регуляторный центр**. Такие ферменты имеют четвертичную структуру и катализируют важнейшие участки метаболизма. Аллостерический центр удален от активного центра и находится в другом месте молекулы фермента (с греч. *allos* - другой, *stereos* – место). К нему присоединяются вещества, регулирующие активность фермента. Эти вещества называются **аллостерическими эффекторами** или **модуляторами**. Эффекторы, увеличивающие активность фермента и соответственно, ускоряющие скорость реакции называются **активаторами**, а уменьшающие активность и замедляющие скорость реакции – **ингибиторами**. Ингибиторы бывают *необратимые* и *обратимые*. По механизму действия они делятся на *конкурентные обратимые ингибиторы* и *неконкурентные*.

3.4. Свойства энзимов

Ферменты - белковые молекулы, они обладают всеми свойствами, характерными для белков, но имеют особенности строения, характеризующие их как катализаторы.

Основные свойства ферментов как биологических катализаторов:

1. Специфичность определяет биологическую значимость ферментов. В зависимости от строения активного центра фермента различают:

А) Субстратная специфичность, которая бывает:

- *Абсолютная субстратная специфичность* – активный центр фермента комплементарен только одному субстрату.
- *Групповая субстратная специфичность* - многие ферменты катализируют однотипные реакции и взаимодействуют с субстратами, имеющими общие структурные особенности.
- *Стереоспецифичность*. При наличии у субстрата нескольких стереоизомеров фермент проявляет абсолютную специфичность к одному из них.

Б) Каталитическая специфичность. Фермент катализирует превращение присоединённого субстрата по одному из возможных путей его превращения. Это свойство обеспечивается строением каталитического участка активного центра фермента и еще называется специфичностью пути превращения субстрата.

2. Активность ферментов. Ее мерой является скорость реакции и зависит от многих факторов: pH среды, температуры, концентрации субстрата (ненасыщенная), и количества фермента: чем больше концентрация фермента в клетке, тем выше скорость реакции.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика ферментов. Что называют: кофактором, коферментом, апоэнзимом и холоферментом.
- 2) Классификация и номенклатура ферментов. Какие классы ферментов Вы знаете? Приведите примеры реакций.
- 3) Структура активного центра фермента и механизм действия энзимов.
- 4) Аллостерический центр фермента. Классификация аллостерических эффекторов.
- 5) Назовите основные свойства ферментов как биологических катализаторов. Дайте характеристику субстратной и каталитической специфичности.
- 6) Активность фермента. От каких факторов она зависит?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.

4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 4

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

4.1. Общая характеристика и функции нуклеиновых кислот

Нуклеиновые кислоты (НК) – высокомолекулярные, водорастворимые природные полимеры, содержащиеся в ядрах (nucleus – ядро) растительной, живой или бактериальной клеток, клеточной плазме и рибосомах. Полимерные цепи нуклеиновых кислот построены из мономерных единиц – нуклеотидов, которые, связываясь с белками солеобразными и водородными связями, образуют *нуклеопротеиды*.

Делятся на рибонуклеиновые (РНК) и дезоксирибонуклеиновые (ДНК).

ДНК отвечает за хранение и передачу наследственных признаков. Роль посредника между ДНК и местом синтеза белка выполняет РНК. Процесс синтеза белка на основе генетической информации включает две основные стадии: считывание информации (*транскрипция*) и синтез белка (*трансляция*). Клетки содержат 3 типа РНК:

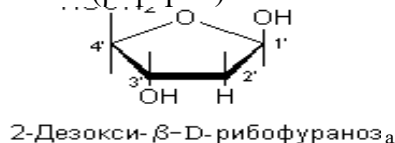
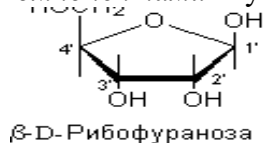
- *информационная* или *матричная* РНК считывает и переносит генетическую информацию от ДНК, содержащихся в хромосомах, к рибосомам.
- *транспортная* РНК переносит аминокислоты к рибосомам, где они соединяются пептидными связями в определенной последовательности, которая задает м-РНК.
- *рибосомальная* РНК непосредственно участвует в синтезе белков на рибосомах.

Также НК выполняют функции кофакторов, аллостерических эффекторов.

4.2. Химический состав нуклеиновых кислот

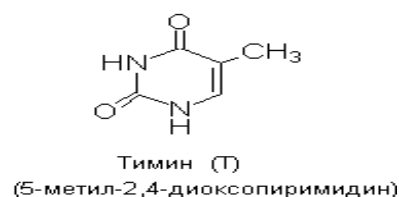
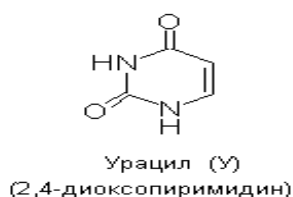
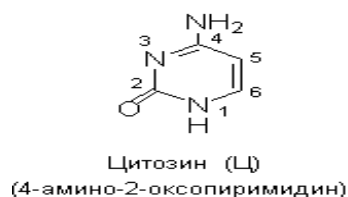
Нуклеотид – представляет собой трехкомпонентное образование, включающее гетероциклическое основание, углеводный остаток и фосфорную кислоту.

Углеводными компонентами служат 2 пентозы (β-форма):

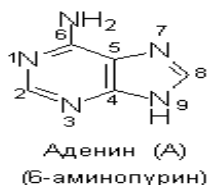


Азотистыми основаниями являются производные пурина (аденин и гуанин) и пиримидина (цитозин, урацил, тимин), которые входят в состав НК в лактамной форме. Причем, А, Г и Ц входят в состав РНК и ДНК. У – только в РНК, а Т – в ДНК:

Пиримидиновые основания



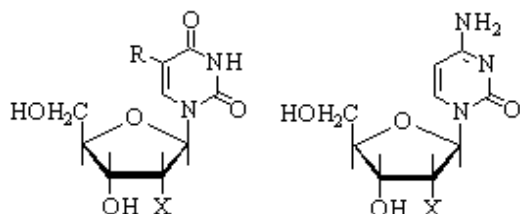
Пуриновые основания



4.3. Схема образования нуклеозида и нуклеотида ДНК и РНК

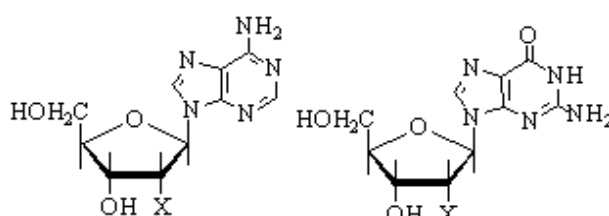
Пентозы, соединяясь с азотистыми основаниями, образуют **нуклеозиды**. Пуриновые основания присоединяются по 9-му, а пиримидиновые - по 1-му атому азота β -N-гликозидной связью:

Пиримидиновые нуклеозиды



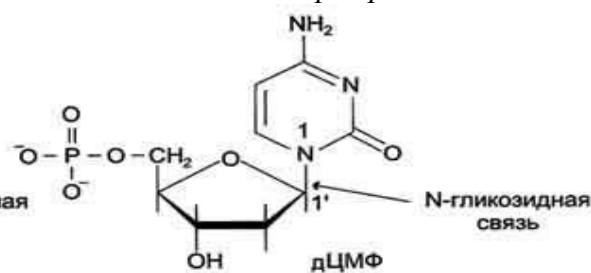
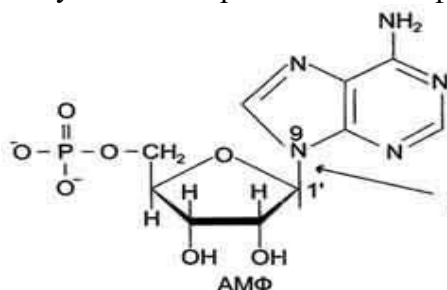
Уридин (R=H, X=OH) Цитидин (X=OH)
Тимидин (R=CH₃, X=H) Дезоксицитидин (X=H)

Пуриновые нуклеозиды

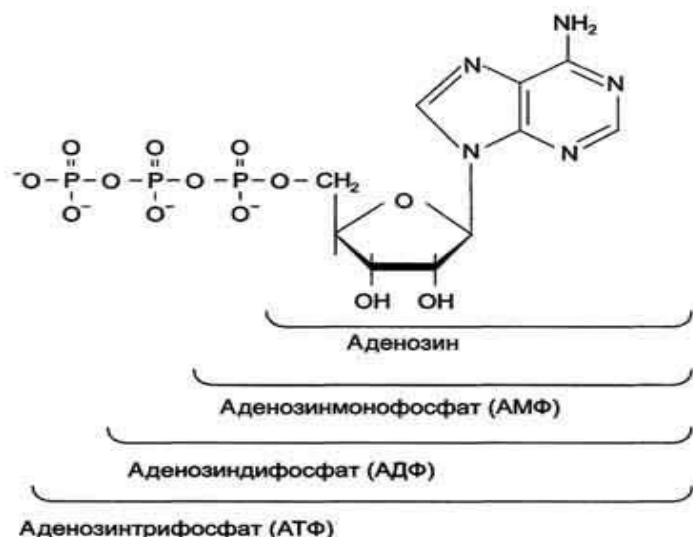


Аденозин (X=OH) Гуанозин (X=OH)
Дезоксиаденозин (X=H) Дезоксигуанозин (X=H)

Нуклеозид взаимодействует с фосфорной кислотой, которая присоединяется по 5 атому углерода пентозы сложноэфирной связью, с образованием **нуклеотида**. При названии мононуклеотида прибавляется цифра 5' или слово «моно» и слово «фосфат»:

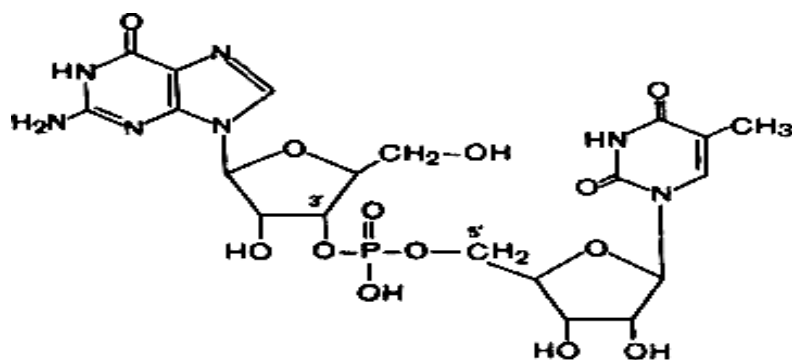


Нуклеозид может присоединять два и три остатка H₃PO₄, образуя ди- и трифосфаты. При этом ангидридная связь между остатками H₃PO₄ является макроэргической:



4.4. Структура нуклеиновых кислот

Первичная структура НК (ДНК и РНК) – специфический порядок чередования мононуклеотидов (АМФ, ТМФ, ЦМФ, УМФ и ГМФ) в длинной цепи. Мононуклеотиды связаны между собой за счет остатков фосфорной кислоты 3,5-сложноэфирной связью:



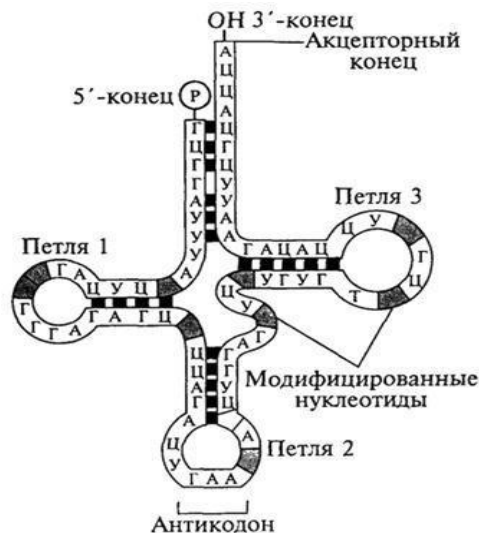
Вторичная структура – это форма молекулы в пространстве.

Вторичная структура ДНК: Д. Уотсон и Ф. Крик в 1953 г предложили пространственную модель молекулы ДНК: макромолекула представляет собой спираль, состоящую из двух полинуклеотидных цепей, закрученных вокруг общей оси. Пуриновые и пиримидиновые основания направлены внутрь спирали. Между пуриновым и пиримидиновым основанием возникают водородные связи: А=Т и Г≡Ц (*правило Чаргаффа*). В каждой паре оснований, связанных водородными связями, одно из оснований пуриновое, другое пиримидиновое. Таким образом, две спирали в молекуле ДНК комплементарны друг другу, последовательность нуклеотидов в одной из них однозначно определяет строение другой.

Двухспиральная структура с комплементарностью цепей обеспечивает возможность самоудвоения (*репликации*) этой молекулы.

Вторичная структура РНК: Макромолекулы представляют собой одну полипептидную цепь, принимающую различные пространственные формы, в том числе и спиралеобразные. Число нуклеотидов может колебаться от сотни до нескольких тысяч, что значительно меньше, чем в ДНК.

Полинуклеотидные цепи т-РНК имеют форму «клеверного листа». В ней различают: *акцепторный конец* – к нему прикрепляется своей -COOH группой аминокислота. *Антикодонная петля* – содержит специальный триплет нуклеотидов, который кодирует определенную аминокислоту (стандартных триплетов = 64).



Третичная структура РНК – это форма спирали в виде клубка, свернутого листа и др.

4.5. Общая схема биосинтеза белка

Биосинтез белка - циклический энергозависимый многоступенчатый процесс, в котором свободные аминокислоты полимеризуются в генетически детерминированную последовательность с образованием полипептидов. Протекает во всех органах, тканях и клетках. Синтез осуществляется рибосомами, которые представляют собой нуклеопротеины (РНК и белка), состоящие из 2 субчастиц. Другим компонентом белоксинтезирующей системы являются т-РНК.

Общая схема биосинтеза белка: Участок ДНК, содержащий в последовательности своих нуклеотидов информацию о последовательности аминокислотных звеньев в синтезируемом белке, называют **геном**. Информация с ДНК поступает на м-РНК, где идет копирование участка ДНК. Транскрипция - первая стадия реализации генетической информации в клетке. В ходе процесса образуются молекулы м-РНК, служащие матрицей для синтеза белков, а также тРНК, рРНК, выполняющие структурные, адапторные и каталитические функции.

Транскрипция у эукариотов происходит в ядре. Далее м-РНК выходит из ядра в цитоплазму, соединяется с рибосомами и становится р-РНК. В цитоплазме клетки есть свободные аминокислоты, которые соединяются с т-РНК (**антикодон**), переносятся на рибосому, где каждому антикодону соответствует **кодон**. Например: антикодон аминокислоты лизина (УУЦ) комплементарен кодону (ААГ) по правилу Чаргаффа.

В рибосоме т-РНК с аминокислотой своими антикодонами присоединяются к кодонам в порядке, определенном размещением кодонов в р-РНК, создаются условия для синтеза полипептидной цепи, образуется первая пептидная связь (**инициация цепи**). Затем происходит процесс удлинения полипептидной цепи (**элонгация**) в пептидном центре рибосомы, где происходит последовательное присоединение других аминокислот. Рибосома передвигается вдоль полипептидной цепи р-РНК (**трансляция**). Достигает ее конца и «соскакивает» (**терминация**). К противоположному концу р-РНК на ее место присоединяется новая рибосома, начинается синтез новой молекулы полипептидной цепи.

4.6. Биологический код и его свойства

Структура белков определяется набором и порядком расположения аминокислот в их пептидных цепях. Эта последовательность аминокислот в пептидах зашифрована в молекулах ДНК с помощью **биологического (генетического) кода**.

В 1954г. Г.Гамовым было высказано предположение, что кодирование информации в молекулах ДНК должно осуществляться сочетаниями нескольких нуклеотидов. В

многообразии белков, существующих в природе, было обнаружено 20 аминокислот. Для шифровки такого их числа достаточное количество сочетаний нуклеотидов может обеспечить лишь *триплетный код*, в котором каждая аминокислота шифруется тремя стоящими рядом нуклеотидами (это свойство триплетного кода, названное *вырожденностью*). В этом случае из четырех нуклеотидов образуется $4^3 = 64$ триплета. Причем, 61 кодирует различные аминокислоты; оставшиеся 3 получили название бессмысленных, или «нонсенс-триплетов». Они выполняют функцию знаков препинания при считывании наследственной информации. Относятся АТТ, АЦТ, АТЦ.

В процессе изучения свойств генетического кода была обнаружена его *специфичность*. Каждый триплет способен кодировать только одну определенную аминокислоту. *Коллинеарность* – последовательность кодонов соответствует последовательности аминокислот в кодируемом белке.

Интересным фактом является полное соответствие кода у различных видов живых организмов. Такая *универсальность* генетического кода свидетельствует о единстве происхождения всего многообразия живых форм на Земле в процессе биологической эволюции (однако в митохондриях млекопитающих есть исключения).

Важнейшими характеристиками генетического кода также являются его *непрерывность* и *неперекрываемость кодонов при считывании*. Это означает, что последовательность нуклеотидов считывается триплет за триплетом без пропусков или возвратов назад, при этом соседние триплеты не перекрывают друг друга. Однако ясно, что биологический код не может проявить себя без дополнительных молекул, которые выполняют переходную функцию или функцию адаптора (т-РНК).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика и функции нуклеиновых кислот.
- 2) Чем отличается химический состав ДНК и РНК. Напишите химическое строение всех компонентов НК.
- 3) Напишите схемы образования нуклеозида и нуклеотида ДНК и РНК.
- 4) Первичная, вторичная и третичная структуры ДНК.
- 5) Особенности первичной, вторичной и третичной структуры РНК.
- 6) Общая схема биосинтеза белка. Назовите все основные процессы биосинтеза.
- 7) Способ записи генетической информации в ДНК. Биологический код и его свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. Кононский, А.И. Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. Комов, В.П. Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. Кнорре, Д.Г. Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. Блинов, В.А. Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. Буршина, С.Н. Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. Ленинджер, А. Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.

4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 5

ГОРМОНЫ

5.1. Гормоны: общая характеристика и классификация

Гормоны (от греч. *возбуждать*) – биологически активные вещества, образующиеся в результате деятельности желез внутренней секреции и принимающие участие в регуляции физиологических функций организма и обмена веществ. Они являются промежуточным звеном между нервной системой и ферментами. Синтезированные в железах гормоны переносятся с током крови к органам-мишеням и там либо повышают каталитическую активность соответствующих ферментов, либо ускоряют их биосинтез. Вместе с тем существуют тканевые и нейрогормоны, которые, минуя кровяной поток, воздействуют на клетки-мишени расположенные в непосредственной близости от места их синтеза. Гормонпродуцирующие железы локализованы в различных участках организма в условиях жесткой иерархии, обуславливающей контроль одних гормонов за синтезом других. Наука, изучающая действие гормонов на живые системы, называется *эндокринологией*.

Гормонам присущи общие *биологические свойства*:

- дистантность действия, т.е. регулируют обмен и функции эффекторных клеток на расстоянии;
- строгая специфичность биологического действия, т.е. один гормон нельзя целиком заменить другим;
- высокая биологическая активность – для проявления эффекта достаточно малого (десять микрограмм) количества гормона.

Номенклатура: Химические наименования гормонов точно отражают их структуру, но очень большие, поэтому чаще применяют тривиальные названия. Принятая номенклатура указывает либо на источник гормона, либо отражает его функцию. Для некоторых гормонов гипофиза, гипоталамических гормонов разработаны новые рабочие названия.

Классификация:

1. *Анатомическая* - основана на месте природного синтеза гормонов.

2. По *химической классификации* все гормоны можно разделить на 3 группы:

- Аминокислоты и продукты их превращений: тироксин и родственные гормоны щитовидной железы, катехоламиновые гормоны.
- Пептиды и белковые гормоны - наиболее представительная группа гормонов.
- Стероидные гормоны регулируют процессы обмена веществ, роста, размножения и старения, выделяются половыми железами и корковым веществом надпочечников. Поэтому в зависимости от биологического действия делятся на половые и кортикоидные гормоны (кортикостероиды).

3. По *механизму передачи сигналов*:

- Пептидные гормоны и адреналин. Они не проникают через мембрану, а связываются с рецепторами мембран. *Рецепторы* – химические белковые структуры клеток-мишеней, содержащие комплементарные участки связывания с гормоном;

- Стероидные гормоны, являясь гидрофобными соединениями, проникают через мембраны и в клетке связываются со своим рецептором.

4. Классификация гормонов по их биологическим функциям:

- Гормоны, регулирующие обмен углеводов, жиров, аминокислот;
- Гормоны, регулирующие водно-солевой обмен;
- Гормоны, регулирующие обмен кальция и фосфатов;
- Гормоны, регулирующие репродуктивную функцию;
- Гормоны, регулирующие функции периферических эндокринных желез.

5. По растворимости гормоны делятся на:

- *Гидрофильные*: имеют пептидную природу или являются производными аминокислот; способны накапливаться в клетках желез; не проникают в клетку; связываются с рецептором, находящимся на мембране; транспортируются в потоке крови без переносчиков.
- *Липофильные*: секретируются в кровь сразу после синтеза; проникают через мембрану; связываются с внутриклеточными рецепторами; регулируют транскрипцию отдельных генов; транспортируются с белками переносчиками.

5.2. Механизм действия гормонов и виды мембраносвязанных рецепторов

Различают варианты действия гормонов: *1. Мембрано-опосредованный механизм*. Он характерен для водорастворимых гормонов, которые не проникают в клетку и поэтому влияют на обмен веществ опосредовано, через химические посредники (дискриминатор, преобразователь, усилитель), находящиеся в клетке:

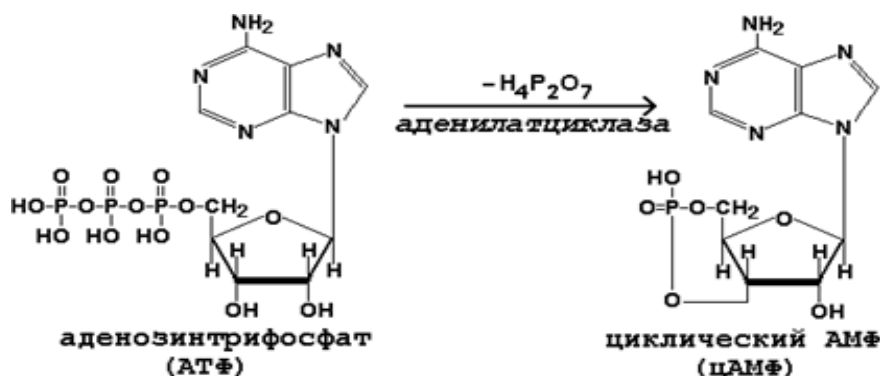
Входящий сигнал → дискриминатор → преобразователь → усилитель → выходящий сигнал

Схема 1 – Передача информационного сигнала по M.Rodbell

Дискриминатор (рецептор) – селекционирует и узнает соответствующий гормон и создает условия для каскадного усиления гормонального сигнала.

Усилитель (фермент аденилатциклаза) – компонент рецепторной системы, который воспринимает и многократно усиливает гормональный сигнал.

Преобразователь (регулятор) – это два белка, имеющие сродство с гуанозинтрифосфатом (ГТФ) и называются G-белки. Они связаны с рецептором и аденилатциклазой. Один из белков является активатором аденилатциклазы (G_{st}), другой – ингибитором (G_{ing}). При трансляции и усилении сигнала гормон, взаимодействуя с рецептором, изменяет его конформацию, при этом происходит диссоциация комплекса G_{st} -белок-ГДФ. Этот комплекс взаимодействует с сульфгидрильной группой аденилатциклазы и активирует данный фермент. Активная аденилатциклаза катализирует процесс синтеза цАМФ (вторичный посредник) из АТФ.



Циклические нуклеотиды далее активируют протеинкиназы – это тетрамеры, состоящие из двух каталитических (C_2) и двух регуляторных (R_2) субъединиц, локализованные во всех отсеках цитоплазмы и ядре. Разные протеинкиназы фосфорилируют разные белки. Поэтому биологические эффекты окажутся разными, что и

позволяет определять нормальную жизнедеятельность клетки.

К таким вторичным мессенджерам относятся и цГМФ, только гуанилатциклазная система основана на активизации гуанилатциклазы и образовании цГМФ.

2. *Мембранный тип.* Гормон действует как аллостерический эффектор транспортных систем мембран. Этот тип действия гормонов встречается редко.

3. *Цитозольный механизм действия.* Характерен для липофильных гормонов, способных проникать через липидный слой плазматической мембраны. Такие гормоны (стероидные, йодтиронины) проникают внутрь клетки и образуют комплекс с цитозольными рецепторами. Этот комплекс влияет на активность генов, регулирует количество ферментов, а значит обмен веществ и функции клетки.

Виды мембраносвязанных рецепторов

1. *Рецепторы, обладающие каталитической активностью* – при взаимодействии лиганда с рецептором активируется внутриклеточная часть (домен) рецептора, имеющий тирозинкиназную или тирозинфосфатазную или гуанилатциклазную активность. Так действуют СТГ, инсулин, пролактин, ростовые факторы, интерфероны.

2. *Каналообразующие рецепторы* – присоединение лиганда к рецептору вызывает открытие ионного канала на мембране. Так действуют нейромедиаторы.

3. *Рецепторы, связанные с G-белками* – передача сигнала от гормона происходит при посредстве G-белка, который влияет на ферменты, образующие вторичные посредники, которые передают сигнал на внутриклеточные белки. Так действуют большинство.

5.3. Гормоны центральных желез

Гормоны гипоталамуса: В нервных клетках гипоталамуса вырабатываются нейрогормоны (релизинг-факторы, от англ. release – освобождение), которые по системе капилляров достигают гипофиза, регулируя секрецию гипофизарных гормонов.

Открыто 7 стимуляторов (*либерины*) и 3 ингибитора (*статины*) секреции гормонов гипофиза: кортиколиберин, тиреолиберин, люлиберин, фоллиберин, соматолиберин, соматостатин, пролактостатин и меланостатин. По химическому строению гормоны гипоталамуса являются низкомолекулярными пептидами (олигопептиды).

Гормоны гипофиза: Синтезируются гормоны белковой и пептидной природы. В зависимости от места синтеза различают гормоны передней, задней и промежуточной долей гипофиза.

В передней доле вырабатываются *тропные* гормоны, которые стимулируют действие других эндокринных желез. По механизму их синтеза и биологическим функциям делят на 3 группы:

1. Гормон роста, пролактин.
2. Тиреотропин, лютеинизирующий и фолликулостимулирующий гормон.
3. Группа гормонов, образующихся из проопиомеланокортина (ПОМК) синтезируется в передней и промежуточной долях гипофиза и в некоторых других тканях (кишечнике, плаценте). Функции всех продуктов разрушения ПОМК недостаточно изучены.

К гормонам задней доли гипофиза условно относят *вазопрессин* и *окситоцин*, синтезируются они в особых нейронах гипоталамуса, отсюда переносятся разными нейронами в заднюю долю и поступают непосредственно в кровь. Основная биологическая функция окситоцина связана со стимуляцией сокращения гладкой мускулатуры матки при родах и сокращения мышечных волокон, расположенных вокруг альвеол молочных желез, вызывающего секрецию молока. Вазопрессин стимулирует и регулирует минеральный обмен и баланс жидкости. Оба гормона являются *нонапептидами*.

5.4. Гормоны периферических эндокринных желез

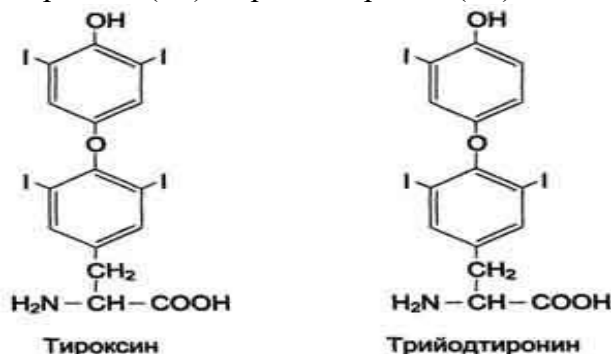
Гормоны поджелудочной железы. Относится к железам со смешанной (внешней и внутренней) секрецией, выделяющая поджелудочный (панкреатический) сок и гормоны. В островках поджелудочной железы образуются: глюкагон (источники: α -клетки), инсулин (β -клетки) и соматостатин (δ -клетки), поступающие непосредственно в кровь и регулирующие углеводный и жировой обмен.

- **инсулин** – ответственный за регуляцию метаболизма углеводов, жиров и белков. Стимулирует процессы клеточного дыхания и его сопряжение с фосфорилированием. Состоит из 2 полипептидных цепей, состоящих из аминокислот.

- **глюкагон** – 29 аминокислотных остатков – одна полипептидная цепь. Гормон активирует фосфоорилазу печени, липазы тканей, вместе с инсулином образует единую систему регуляции сопряжения глюкозы в организме.

- **соматостатин** угнетает выделение соматотропина гипофизом, тормозит секрецию глюкагона, регулирует освобождение инсулина и гастрин.

Гормоны щитовидной железы. Вырабатываются два активных гормона, производные аминокислоты тирозина: тироксин (Т4) и трийодтиронин (Т3).



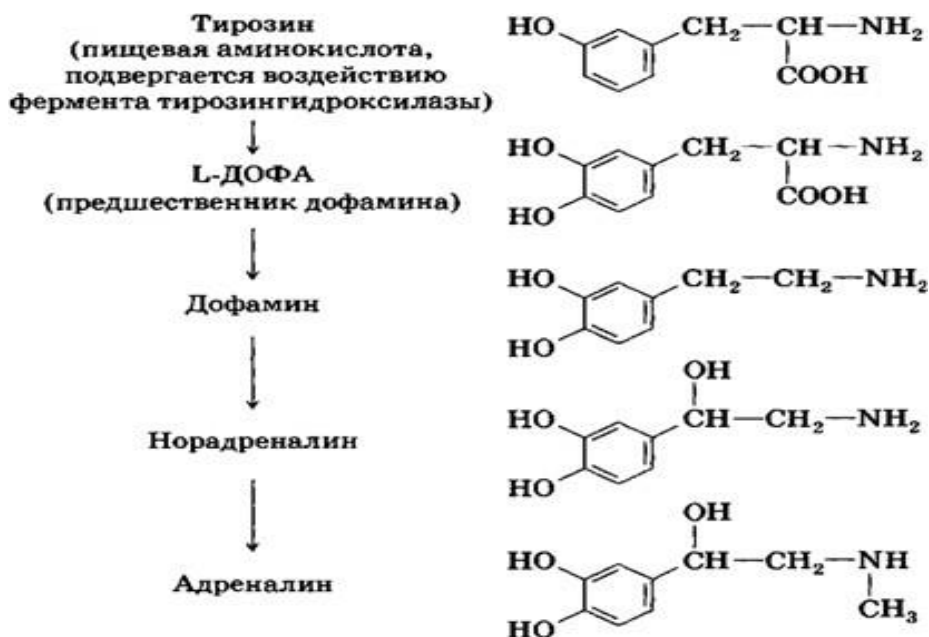
Высокая их гидрофобность является основанием для действия этих гормонов по цитозольному механизму.

Отмечают 3 основных эффекта гормонов:

- регуляция деления и дифференцировки клеток;
- регуляция энергетического обмена (калоригенное действие);
- индукция процессов транскрипции в биосинтезе многих белков.

Гормоны паращитовидной железы. Образуется два белковых гормона – кальцитонин (КТ) и паратгормон (ПТГ, паратиреоидный). Они регулируют в организме баланс ионов кальция и неорганического фосфата. ПТГ действует на клетки-мишени по мембрано-опосредованному механизму, причем это действие реализуется в почках, костной ткани и кишечнике. Кальцитонин является антагонистом паратгормона и ингибирует резорбцию костной ткани; уменьшает концентрацию кальция в плазме крови; способствует транспорту фосфора из крови в костную ткань; оказывает выраженное действие на почки, подавляя канальцевую реабсорбцию Са и Р.

Гормоны надпочечников. В надпочечниках различают мозговой и корковый слои. В мозговом слое образуются катехоламины: адреналин, норадреналин и их предшественники (дофамин). Они являются производными ароматической аминокислоты – тирозина:



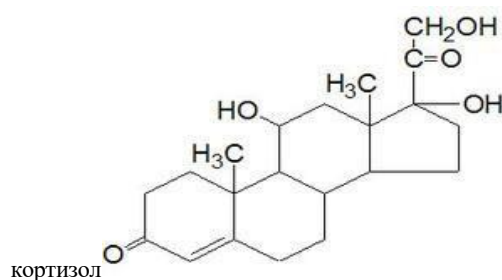
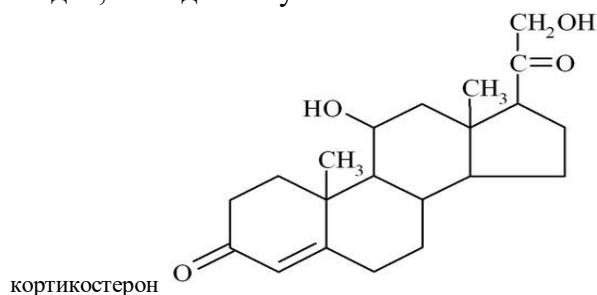
Адреналин участвует в регуляции сердечно-сосудистой системы, обмена углеводов (гликогенолиза и глюконеогенеза в печени и мышцах). При физиологических стрессах выделяется в кровь («гормон страха»).

Норадреналин отличается от адреналина более сильным сосудосуживающим и прессорным действием, меньшим стимулирующим влиянием на сокращения сердца, слабым действием на гладкую мускулатуру бронхов и кишечника, слабым влиянием на обмен веществ.

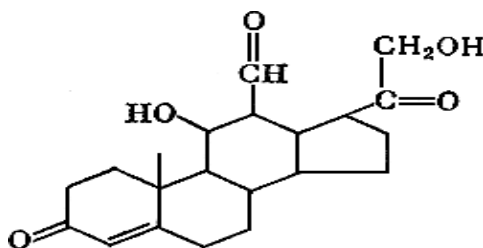
В *корковой части* эндокринной железы из холестерина образуются две группы **стероидных гормонов**. Основу структуры составляет углеводород прегнан.

1. **Кортикоиды** – известно 46 гормонов, недостаток любого из них приводит к нарушению обмена веществ. Боковая цепь в кортикостероидах у атома С-17 включает два атома углерода в виде группировки $-\text{CO}-\text{CH}_2\text{OH}$. Делят на две группы:

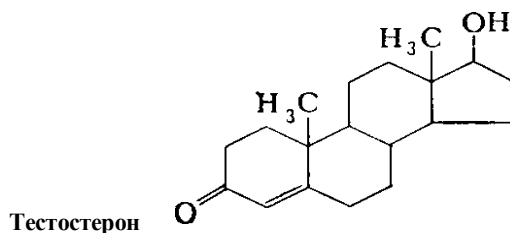
а. Глюкокортикоиды (кортизол, кортикостерон) контролируют многие стороны обмена углеводов, липидов и нуклеиновых кислот.



б. Минералокортикоиды участвуют в регуляции водного и солевого обмена (альдостерон):



2. **Половые гормоны** - выделяются гипофизом и половыми железами, от них зависит развитие специфических мужских и женских половых признаков и нормальное функционирование органов размножения. Относят женские гормоны (гестагены и эстрогены) и мужские (андрогены).



Вопросы для самоконтроля

- 1) Гормоны: общая характеристика, классификация и свойства.
- 2) Назовите белковые и пептидные гормоны. Дайте им характеристику.
- 3) Биологическое действие гормонов передней, промежуточной и задней доли гипофиза.
- 4) Гормоны щитовидной железы и её гипо- и гиперфункция.
- 5) Гормоны поджелудочной железы и мозгового вещества надпочечников.
- 6) Стероидные гормоны (коркового вещества надпочечников и половые гормоны).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 6

ВИТАМИНЫ (1 часть)

6.1. Характеристика и классификация витаминов. Понятие а-, гипо- и гипервитаминозов

Витамины (от лат. «vita» - жизнь) - низкомолекулярные органические и биокоординационные вещества, присутствие которых необходимо в небольшом количестве в пище человека и животных для их нормальной жизнедеятельности.

Витамины являются регуляторами обмена веществ, многие из них - составные части ферментов. В отличие от других пищевых веществ: витамины не включаются в структуру тканей и не используются организмом в качестве источника энергии.

Каждый витамин имеет *три названия*: по наименованию того заболевания, которое развивается при отсутствии данного витамина в пище с приставкой **анти-**; обозначают буквой латинского алфавита; химическое название.

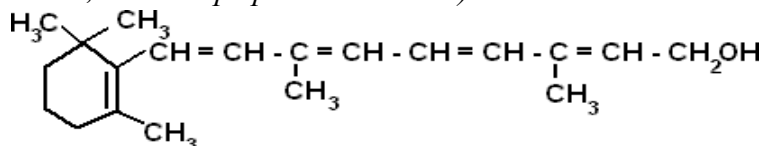
Заболевания, развивающиеся при полном отсутствии витаминов в пище, называется *авитаминоз*, при недостаточном поступлении - *гиповитаминоз*, при избыточном - *гипервитаминоз*. Причины а- и гиповитаминозов бывают экзогенные и эндогенные

Классификация: в зависимости от *растворимости* различают: жирорастворимые и водорастворимые витамины.

Помимо главных групп витаминов различают группу витаминоподобных веществ - это разнообразные химические вещества, обладающие витаминными свойствами. К ним относят: холин, липоевая кислота, витамин В₁₅, инозит, убихинон, парааминобензойная кислота, карнитин, ряд факторов роста и т.д.

6.2. Жирорастворимые витамины: строение, биологическая роль и источники

Витамин А (ретинол, антиксерофтальмический)



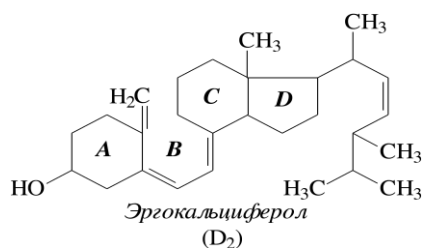
Различают А₁, А₂ и цис-форма витамина А₁. Биологическая роль заключается в его влиянии на барьерную функцию кожи, слизистых оболочек, проницаемость клеточных мембран, биосинтез их компонентов.

При *недостатке витамина* сухость кожи, себоррейный дерматит, повышенная чувствительность зубной эмали (гиперестезия), нарушение структуры покровных тканей и ороговение эпителия. Одним из основных симптомов является ксерофтальмия. К наиболее ранним симптомам относится куриная слепота (гемералопия).

Гипервитаминоз - воспаления глаз, мелкие трещины на губах и в уголках рта, сухость и пигментация кожи, выпадение волос, суставные боли, диффузное утолщение костей, общее истощение организма и т.д.

Источники: печень к.р.с. и свиней, яичный желток, молоко, сливки, рыбий жир. В растениях витамин содержится в виде своего предшественника - провитамина каротина, пастбищная трава, зеленый клевер, люцерна.

Витамин D (кальциферол, антирахитический). Существует в виде нескольких соединений, основе структуры которых лежит конденсированная кольцевая система циклопентанпергидрофенантрена. Для животных активными витаминомерами считаются витамины D₂ (эргокальциферол) и D₃ (холекальциферол).

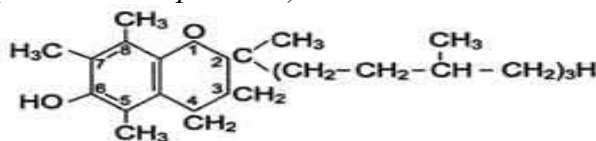


Витамин участвует в регуляции процессов всасывания Са и Р в кишечнике. Усиливает ДНК-зависимый синтез рибонуклеиновой кислоты, реакции окислительного фосфорилирования. Способствует реабсорбции фосфатов, аминокислот, ионов Са из первичной мочи в кровь. При недостатке у молодняка развивается рахит, у взрослых - остеомалация, старых животных - остеопороз. У кур-несушек D-авитаминоз приводит к снижению яйценоскости и истончению яичной скорлупы.

Гипервитаминоз приводит к развитию гиперкальциемии, возникают боли в суставах и мышцах, нарушается пищеварение, сердечная деятельность, заболевания почек.

Источники: рыбий жир, печень, желток яиц, растительные масла, дрожжи. С профилактической и лечебной целью используется препарат витамина D в сочетании с ультрафиолетовым облучением животных.

Витамин E (токоферол, антистерильный):

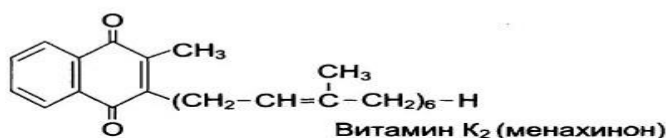
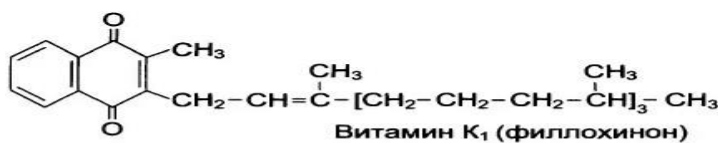


С витамином E связана активность ферментов содержащих серу, клеточное дыхание, необходим для образования креатинина, фосфатидов. В качестве антиоксиданта витамин защищает клетки от повреждения, замедляя окисление жиров и формирование свободных радикалов. Он защищает другие жирорастворимые от разрушения кислородом, способствует усвоению витамина A.

При недостатке в кормах витамина нарушаются функции размножения, развивается мышечная дистрофия, дегенерация спинного мозга и паралич конечностей. Авитоминоз чаще наблюдается у свиней, кур, уток, индеек.

Источники: растительные масла, семена злаков (особенно проросшие), мясо, сливочное масло, яичный желток.

Витамин K (производные нафтохинона, антигеморрагический). В растениях содержится - K₁, у животных и бактерий - K₂. Витамин способствует синтезу протромбина. Дефицит в организме приводит к развитию геморрагического синдрома. У животных проявляется различными кровотечениями, гипопротромбинемией.



Наиболее чувствительны к недостатку молодые птицы (цыплята гибнут через 2-3 недели после начала авитаминоза). У жвачных животных и взрослой птицы авитаминоз реже, это связано с тем, что витамин частично синтезируется микрофлорой кишечника. Причиной также являются прием антикоагулянтов, "кроверазжижающих", противосудорожных препаратов, антибиотикотерапия, желудочно-кишечные расстройства и заболевания, сопровождающиеся нарушением всасывания жиров кишечной стенкой.

Источники: зеленые части растений: листья крапивы, шпината, капуста, плоды шиповника, хвоя, овес, пшеница, люцерна. В животных продуктах: печень свиньи.

Витамин F – это комплекс ненасыщенных жирных кислот. Витамин необходим для синтеза липидов, простогландинов в организме, обладает липотропным действием, способствует выделению холестерина из организма. Гиповитаминоз возникает при недостатке жирных кислот (линолевой, линоленовой, арахидоновой) в кормах. При этом развивается сухость и шелушение кожи, появляется кольчатое отложение перхоти на лапах, ушах, хвоста, происходит омертвление кончика хвоста, нарушается лактация и воспроизводительная функция. В крови повышается содержание холестерина.

Источники витамина: растительные масла, животные жиры и жиры бобовых культур.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика и классификация витаминов. Понятие а-, гипо-, гипervитаминозов.
- 2) Жирорастворимые витамины (A, D, E, K, F). Строение. Биологическое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М.: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

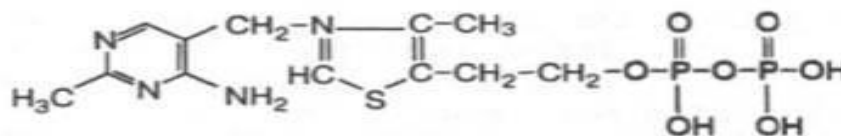
1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 7

ВИТАМИНЫ (2 часть)

7.1. Водорастворимые витамины: строение, биологическая роль и источники

Витамин В₁ (тиамин, антиневритный). Тиамин, присоединяя две молекулы фосфорной кислоты, превращается в кофермент тиаминпирофосфат (кокарбоксилаза), который необходим для окислительного декарбоксилирования кетокислот (ПВК и молочной), участвует в углеводном обмене и связанных с ним энергетическом, жировом, белковом, водно-солевом обмене, оказывает регулирующее воздействие на трофику и деятельность нервной системы.



Тиаминпирофосфат (тиаминдифосфат)

При недостатке развивается заболевание «бери-бери». В организме нарушается углеводный обмен, накапливается молочная и ПВК. В зависимости от формы заболевания поражаются периферическая нервная система, сердечно-сосудистая система, атония кишечника. У птицы на ранних стадиях развития авитаминоза возникают судороги мышц шеи, при острой форме голова запрокидывается на спину.

Источники: дрожжи, хлеб из муки грубого помола, необработанный рис, бобовые (соя, фасоль, горох). Из продуктов животного происхождения – мясо, печень, почки, мозг. Много в пшеничных отрубях (6 мг/кг), в кукурузе, ячмене, овсе - до 4 мг/кг.

Витамин В₂ (рибофлавин, витамин роста).

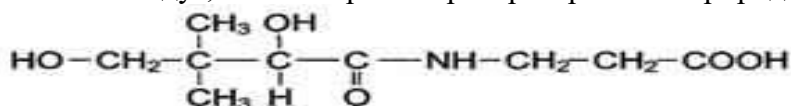


Входит в состав коферментов ФМН (флавиномононуклеотид) и ФАД (флавинадениндинуклеотид), участвующих в переносе атомов водорода, необходим для дыхания клеток, роста, для образования красных кровяных телец и антител, способен ускорять в организме превращение пиридоксина в его активную форму.

Недостаток рибофлавина проявляется в остановке роста, воспалении слизистой оболочки языка, губ в уголках рта. Наиболее характерны изменения со стороны глаз - светобоязнь, кератиты, катаракта, развивается общая сердечная и мышечная слабость. У молодняка животных наблюдается высокая смертность, у птиц - слабость ног, искривление и скручивание пальцев.

Источники: Витамин распространен в природе, в организм поступает с мясными и молочными продуктами (сыворотка молока - 30 мг/кг сухой массы), содержат яйца, дрожжи, хлеб из муки грубого помола, семена злаков, свежие овощи, люцерновая и рыбная мука.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота, антидерматитный). Название получил от греч. "пантотен", что означает "всюду", из-за широкого распространения в природе.

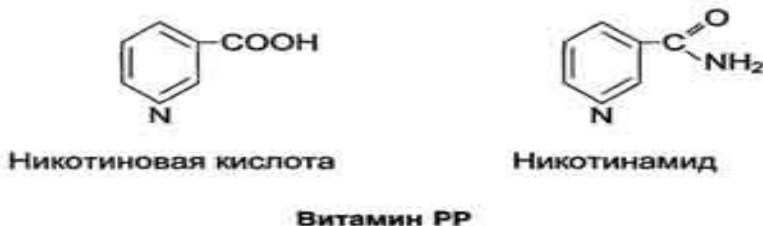


Пантотеновая кислота, попадая в организм, превращается в пантетин и входит в состав коэнзима А, который участвует в ферментативных реакциях окисления и ацилирования, а именно в активировании и переносе остатков кислот в метаболизме белков, жиров, углеводов.

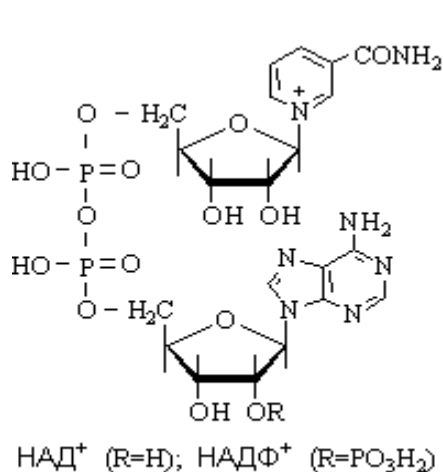
При недостатке развиваются дерматиты, дистрофические изменения желез внутренней секреции (надпочечники) и нервной системы (параличи), депигментация и выпадение шерсти, перьев, нарушение координации движения, общее истощение.

Источники: печень, яичный желток, икра рыб, дрожжи, зеленые части растений, пшеничные отруби (25мг/кг), жмых подсолнечника (15мг/кг), люцерна.

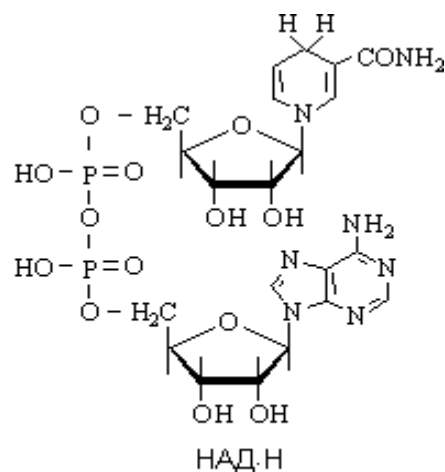
Витамин В₅ (PP) (никотиновая кислота, никотинамид, антипеллагрический).



Входит в состав коферментов НАД и НАДФ, которые являются переносчиками водорода к флавопротеиновым ферментам, тем самым, регулируя окислительно-восстановительные процессы в организме.



Окисленная форма

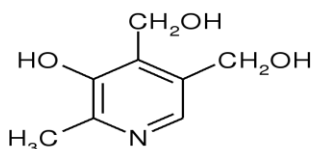


Восстановленная форма

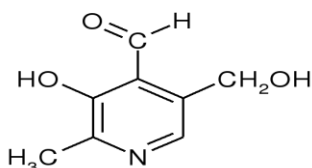
При недостатке развивается *пеллагра* (от итал. шершавая кожа), дерматит, чаще всего поражаются участки кожи, подверженные влиянию прямых солнечных лучей. Специфическим являются стоматиты, гингивиты, поражения языка с вздутиями и трещинами, нарушения желудочно-кишечного тракта и нервной деятельности. У животных чаще болеет молодняк. У свиней появляются дерматиты на ушах, у собак темнеет слизистая оболочка языка (черный язык), у птицы замедляется оперяемость, снижается яйценоскость, массовая гибель.

Источники: мясо, печень, рыба, яйцо, молоко, хлеб, картофель, морковь, пивные дрожжи, пшеничные отруби, ячмень, рис.

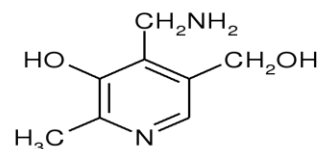
Витамин В₆ (антидерматитный). Объединяет три соединения - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин.



пиридоксол

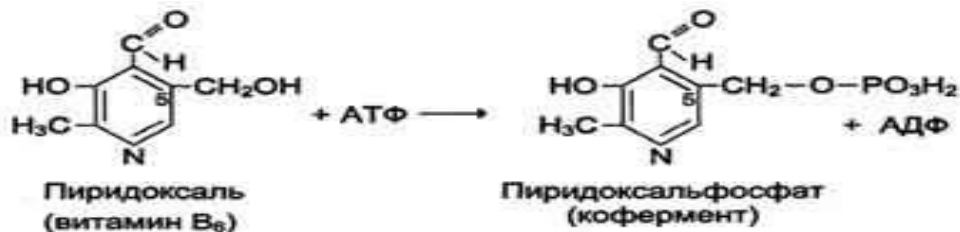


пиридоксаль



пиридоксамин

Витамин необходим для нормального функционирования центральной и периферической нервной системы, участвует в синтезе нейромедиаторов. В фосфорилированной форме входит в состав коферментов трансфераз и обеспечивает процессы декарбоксилирования, трансаминирования, дезаминирования аминокислот, участвует в синтезе белка, ферментов, гемоглобина и других соединений, снижает уровень холестерина и липидов в крови, улучшает сократимость сердца.



Недостаточность витамина проявляется в виде дерматитов, поражений нервной системы, эпилептических судорог, угнетается деятельность красного костного мозга, у свиней снижается уровень гемоглобина (на 30%), у цыплят повышается возбудимость, они выщипывают и поедают собственные перья.

Источники: мясо, рыба, печень трески и к.р.с., почки, сердце, яичный желток, молоко, неочищенные зерна злаковых (гречневая и пшеничная крупы), дрожжи, бобовые, кукуруза, картофель, соя.

Витамин B₁₂ (кобаламин, антианемический). Способен накапливаться в организме, откладывается в печени, почках, легких и селезенке. Имеет сложное химическое строение. Входит в состав коферментов изомераз и трансфераз.

Недостаток приводит к развитию анемии, у животных наблюдается высокая эмбриональная смертность, паралич конечностей.

Источники: печень, почки, говядина, домашняя птица, рыба, яйцо, молоко, морская капуста, соя и соевые продукты, дрожжи, синтезируется микроорганизмами. Для животных основными источниками являются - рыбная и мясокостная мука.

Витамин С (аскорбиновая кислота, антискорбутный). Обладает сильными окислительно-восстановительными свойствами:



Аскорбиновая кислота - необходимый пищевой фактор для человека, обезьян и морских свинок. Все другие животные способны синтезировать витамин С из глюкозы.

При недостатке витамина развивается цинга (скорбут). Повышается проницаемость кровеносных сосудов (петехии), кровоточивость десен, расшатывание и выпадение зубов. Общая слабость, одышка, сердцебиение. У животных появляются внешние и внутренние кровоизлияния, отеки лапок и хвоста, анемия.

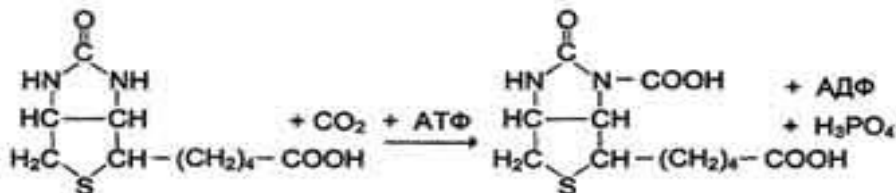
Источники: цитрусовые фрукты, ягоды (шиповник, смородина, облепиха), овощи (капуста: кочанная, цветная), молоко (особенно кобылы), для животных - зеленые части растений, хвоя.

Витамин Р (рутин, капилляроукрепляющий). Под термином "витамин Р" объединяют группу веществ со сходной биологической активностью, их общее название - биофлавоноиды.

Так же как и витамин С является антиоксидантом, участвует во многих окислительно-восстановительных реакциях, поэтому существует биохимическая связь между аскорбиновой кислотой и рутином. При отсутствии или недостатке повышается проницаемость сосудов, появляются кровоизлияния.

Источники: распространен в растительном мире, высоким содержанием рутина отличаются листья гречихи.

Витамин Н (биотин, антисеборейный).



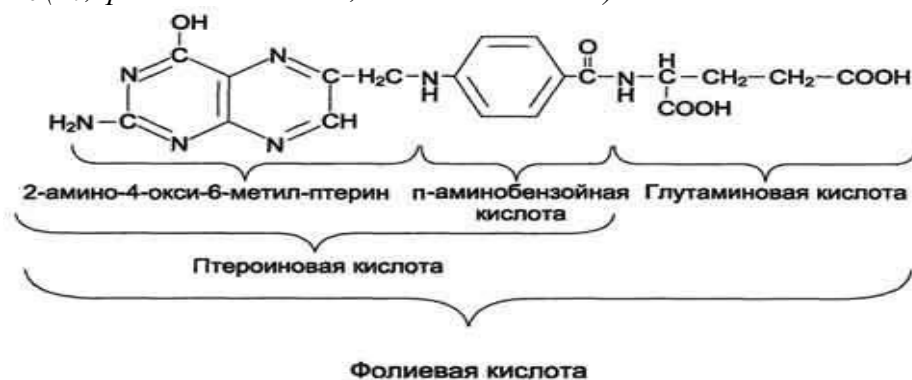
Биотин выполняет коферментную функцию в составе карбоксилаз: он участвует в образовании активной формы CO₂.

При недостатке развивается себорея: воспаление кожных покровов, усиленное выделение жира сальными железами, вокруг глаз формируются отечные ободки, отекают конечности, спина становится кенгурообразной.

Бактерии кишечника способны синтезировать биотин в достаточном количестве. К снижению синтеза биотина может привести прием сульфаниламидных препаратов и антибиотиков, подавляющих рост микроорганизмов в кишечнике.

Источники: богаты пивные дрожжи, печень, почки, молоко, желток, картофель. Много в зерне ячменя, овса, кукурузы.

Витамин В_с (В₉, фолиевая кислота, антианемический).



Является коферментом многих ферментов, катализирующих реакции переноса одноуглеродных остатков.

Недостаточность фолиевой кислоты трудно вызвать даже у животных без предварительного подавления в кишечнике роста микроорганизмов, которые синтезируют ее в необходимых количествах. Это достигается скормливанием антибиотиков. Недостаточность проявляется в развитии анемии, «красный язык», у животных замедляется рост, снижается продуктивность, у молодняка птицы нарушается рост перьев, наступают параличи шеи.

Источники: зеленые части растений, листовые овощи, дрожжи, печень, почки, мясо, картофель, люцерновая мука.

Вопросы для самоконтроля

1) Водорастворимые витамины (В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₁₂, В_с, С, Н, Р). Строение. Биологическое значение. Коферментная функция витаминов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. Кононский, А.И. Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. Комов, В.П. Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. Кнорре, Д.Г. Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. Блинов, В.А. Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. Буршина, С.Н. Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. Ленинджер, А. Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. Николаев, А.Я. Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. Строев, Е.А. Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.

7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

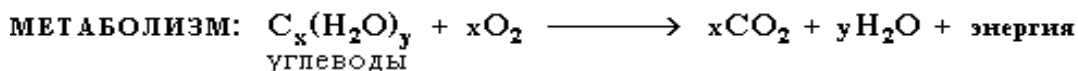
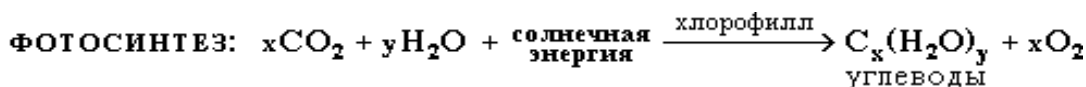
Лекция 8-9

УГЛЕВОДЫ

8.1. Характеристика, классификация и функции углеводов

Углеводы (сахара) – органические соединения, содержащие альдегидную или кетонную группу и несколько спиртовых гидроксильных групп. Общая формула $C_n(H_2O)_m$, где n и m от 3 и более.

Функции: энергетическая (при распаде 1г. углеводов выделяется 4,1 ккал. энергии), структурная, защитная, используются для синтеза нуклеиновых кислот, коферментов. Сахара составляют до 80% массы сухого вещества растений и около 2% сухого вещества животных организмов.

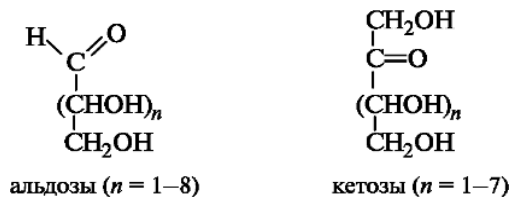


Причем, животные организмы не способны синтезировать углеводы и должны их получать с кормом, главным образом (400-450 г.) в виде полисахаридов – крахмала, 40-50 г.- дисахаридов и 10-20 г – моносахаридов.

Классификация: Углеводы классифицируются на простые (моносахариды) и сложные, которые по числу остатков моносахаридов в молекуле делятся на олиго- и полисахариды.

8.2. Моносахариды: строение и стереоизомерия

Моносахариды (простые сахара) представляют собой твердые вещества, хорошо растворимые в воде, плохо - в спирте и нерастворимые в органических растворителях, обладают сладким вкусом. Моносахариды не подвержены гидролизу на более простые молекулы и с химической точки зрения представляют собой многоатомные спирты, дополнительно содержащие альдегидную группу (альдозы) или кетонную (кетозы).



В зависимости от числа углеродных атомов моносахариды делятся на триозы, тетразы, пентозы, гексозы и т.д. (от 3 до 10). В природе распространены гексозы.

Начиная с пентоз, моносахариды могут существовать как в линейной (формула Фишера), так и в циклической формах (формула Хеуэрса).

Открытая форма: Углеродную цепь в них записывают вертикально. У альдоз наверху помещают альдегидную группу, у кетоз - соседнюю с карбонильной первичную спиртовую группу. С этих групп начинают нумерацию цепи.

Всем моносахаридам присуща конфигурационная стереоизомерия: D и L-ряды (для альдоз гексоз $N=2^4$, 8 пар энантиомеров, для кетоз - $N=2^3$, 6 пар).

Отнесение моносахарида к D- или L-ряду проводят по конфигурации хирального центра (-ОН-группы) у наиболее удаленного от оксогруппы, независимо от конфигурации остальных центров. Для пентоз таким «определяющим» центром является атом C-4, а для гексоз - C-5. Положение группы OH у последнего центра хиральности справа свидетельствует о принадлежности моносахарида к D-ряду, слева - к L-ряду. В живых организмах присутствуют моносахариды в D-конфигурации, которую называют природной. Исключение составляет L-арабиноза бактерий, L-рамноза и L-сорбоза растений.

Из альдопентоз часто встречаются D-рибоза и D-ксилоза, а из кетопентоз - D-рибулоза и D-ксилулоза. Общие названия кетоз образуются введением суффикса **-ул** в названия соответствующих альдоз: рибозе соответствует рибулоза, ксилозе - ксилулоза (исключение «фруктоза»).



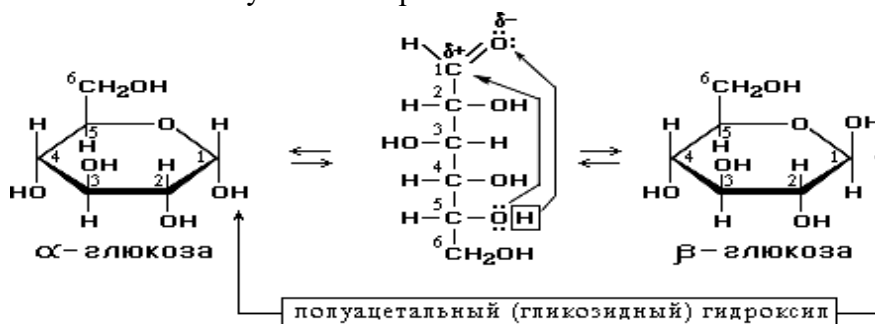
Диастереомеры, различающиеся конфигурацией только одного асимметрического атома углерода, называются эпимерами.

Циклические формы. Открытые формы моносахаридов удобны для рассмотрения пространственных отношений между стереоизомерными моносахаридами. В действительности моносахариды по строению являются циклическими полуацетальными. Образование циклических форм моносахаридов можно представить как результат внутримолекулярного взаимодействия карбонильной группы и наиболее от неё удаленной гидроксильной (полуацетальная или гликозидная) группы асимметричного атома углерода.

В результате циклизации образуются термодинамически более устойчивые фуранозные и пиранозные циклы. Символы атомов углерода в циклах не указывают.



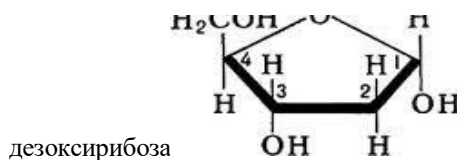
В циклической форме создается дополнительный центр хиральности - атом углерода, ранее входивший в состав карбонильной группы (у альдоз это С-1, кетоз – С-2). Этот атом называют аномерным, а два соответствующих стереоизомера - α - и β -аномерами. Гликозидная гидроксильная группа у α -аномеров оказывается под плоскостью цикла (справа цепи Фишера), у β -аномеров - над плоскостью (слева цепи). Аномеры представляют собой частный случай эпимеров.



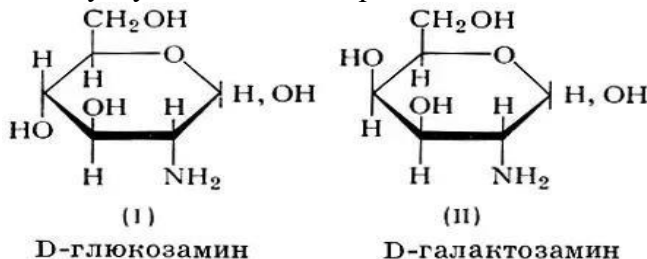
8.3. Неклассические моносахариды

Называют ряд соединений, имеющих общую структурную «архитектуру» с обычными, «классическими» моносахаридами (альдозами и кетозами), но отличающихся либо видоизменением одной или нескольких функциональных групп, либо отсутствием некоторых из них.

Дезоксисахара. 2-дезоксиде-D-рибоза - является структурным компонентом ДНК. В природных сердечных гликозидах, применяемых в кардиологии, содержатся остатки дидезоксисахаров.



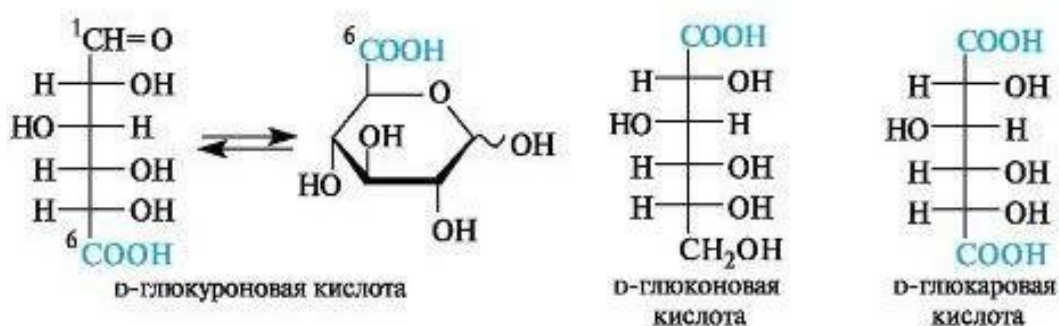
Аминосахара. Эти производные, содержащие вместо гидроксильной группы аминогруппу (при С-2), обладают основными свойствами и образуют с кислотами кристаллические соли. Важнейшими представителями служат аналоги D-глюкозы и D-галактозы: D-глюкозамин и D-галактозамин соответственно. Аминогруппа в них может быть ацилирована остатками уксусной, иногда серной кислоты.



Альдиты (сахарные спирты): относят многоатомные спирты, содержащие гидроксильную группу вместо оксигруппы С=О. Каждой альдозе соответствует один альдит, в названии которого используют суффикс -ит вместо -оза, например D-маннит (от D-маннозы). Альдиты обладают более симметричной структурой, чем альдозы, поэтому среди них встречаются мезосоединения, например ксилит.



Кислые сахара. Моносахариды, в которых вместо звена CH_2OH содержится группа $-\text{COOH}$, имеют общее название уоновые кислоты. В их названиях используют сочетание *уроновая кислота* вместо суффикса *-оза* соответствующей альдозы (глюкуроновая кислота). Уроновые кислоты являются компонентами растительных и бактериальных полисахаридов.



Моносахариды, содержащие карбоксильную группу вместо альдегидной, относят к альдоновым кислотам. Если карбоксильные группы присутствуют на обоих концах углеродной цепи, то такие соединения имеют общее название альдаровые кислоты. В номенклатуре этих типов кислот применяют соответственно сочетания *-оновая кислота* и *-аровая кислота*. Альдоновые и альдаровые кислоты не могут образовывать таутомерных циклических форм, так как лишены альдегидной группы. Альдаровые кислоты, как и альдиты, могут существовать в виде мезосоединений (галактаровая кислота).



9.1 Основные представители олигосахаридов и их свойства

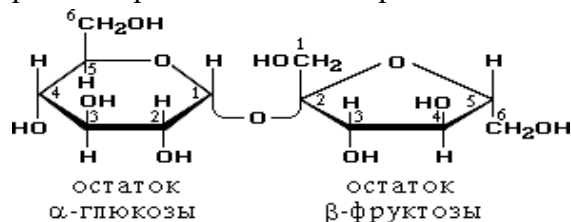
Олигосахариды – продукты конденсации нескольких (от двух до десяти) остатков моносахаридов, соединённых гликозидной связью. Существуют два типа связывания моносахаридных остатков:

1. За счет полуацетальной группы OH одного моносахарида и любой OH группы другого ($1 \rightarrow 4$ или $1 \rightarrow 6$), при этом происходят отщепление молекулы воды и образование O -гликозидной связи в α - или β -конфигурации; это группа восстанавливающих дисахаридов;
2. С участием полуацетальных групп OH обоих моносахаридов ($1 \rightarrow 1$ или $1 \rightarrow 2$); это группа невосстанавливающих дисахаридов.

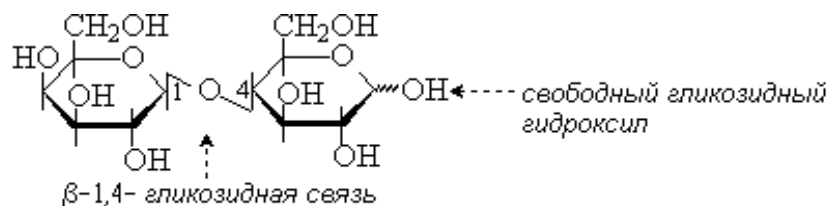


Дисахариды - наиболее распространённые олигомерные углеводы, встречающиеся в свободной форме. По химической природе представляют собой гликозиды, которые содержат 2 моносахарида, соединённые гликозидной связью в α - или β -конфигурации. Основными дисахаридами пищи являются:

Сахароза. Источником служат растения: сахарная свёкла, сахарный тростник. Поэтому тривиальное название сахарозы - "тростниковый сахар".

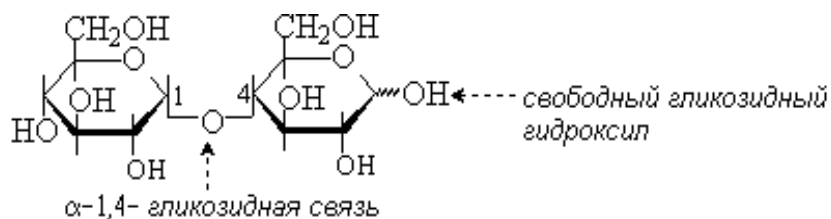


Лактоза – молочный сахар. В лактозе аномерная OH-группа первого углеродного атома остатка D-галактозы связана β -гликозидной связью с четвёртым углеродным атомом D-глюкозы (β -1,4-связь). Лактоза относится к восстанавливающим сахарам.



β -D-галактопиранозил-1,4- α (или β)-D-глюкопираноза (α (или β)-лактоза)

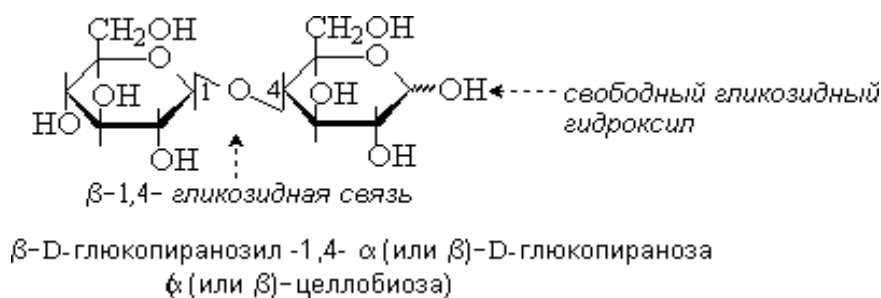
Мальтоза поступает с продуктами, содержащими частично гидролизованный крахмал (солодовый сахар) и также образуется при расщеплении крахмала в кишечнике. Состоит из двух остатков D-глюкозы, соединённых α -1,4-гликозидной связью.



α -D-глюкопиранозил-1,4- α (или β)-D-глюкопираноза (α (или β)-мальтоз)

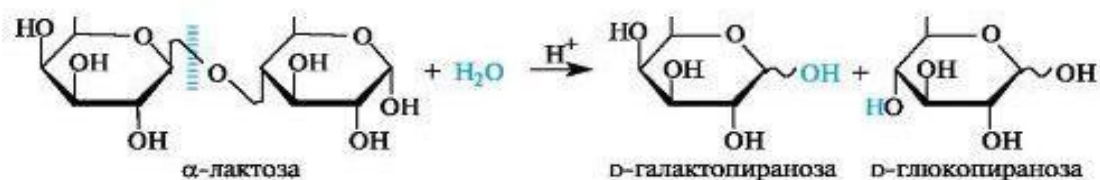
Изомальтоза - промежуточный продукт, образующийся при расщеплении крахмала в кишечнике. Состоит из двух остатков D-глюкозы, но соединены эти моносахариды α -1,6-гликозидной связью.

Целлобиоза - дисахарид, в котором остатки двух молекул D-глюкопиранозы связаны β (1-4)-гликозидной связью.



По химической сути олигосахариды являются гликозидами, а восстанавливающие олигосахариды обладают еще и признаками моносахаридов, так как содержат потенциальную альдегидную группу (в открытой форме) и полуацетальный гидроксил. Этим и определяется их химическое поведение. Они вступают во многие реакции, свойственные моносахаридам: образуют сложные эфиры, способны окисляться и восстанавливаться.

Наиболее характерной реакцией дисахаридов является кислотный (ферментативный) гидролиз, приводящий к расщеплению гликозидной связи с образованием моносахаридов:



9.2. Особенности полисахаридов

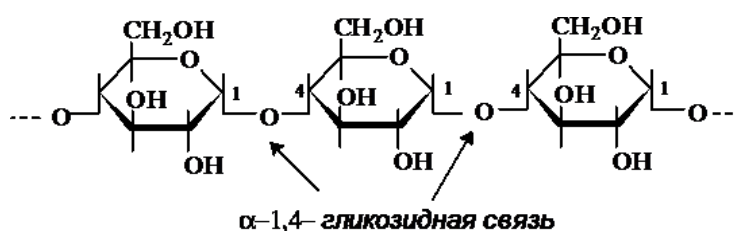
Структурные различия между полисахаридами определяются: строением моносахаридов, составляющих цепь; типом гликозидных связей, соединяющих мономеры в цепи; последовательностью остатков моносахаридов в цепи.

В зависимости от строения остатков моносахаридов полисахариды делят на **гомо-** и **гетерополисахариды**. Оба типа полисахаридов могут иметь как линейное расположение мономеров, так и разветвленное. В зависимости от выполняемых ими функций делят на 3 основные группы:

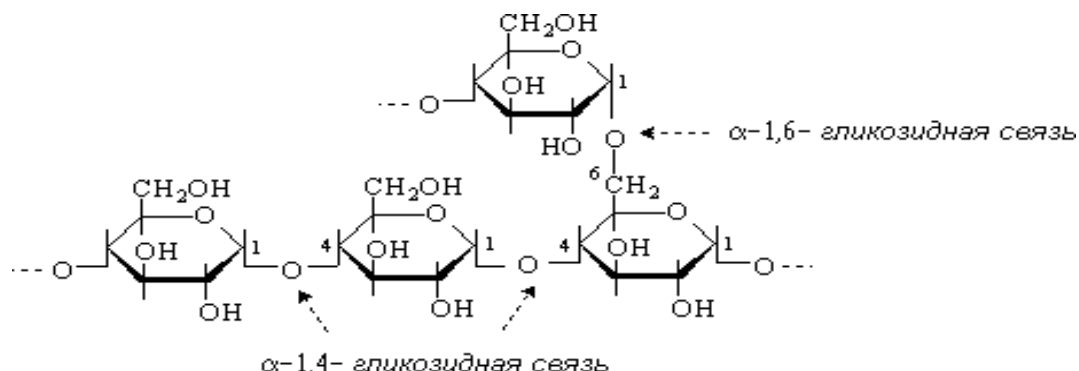
- *резервные полисахариды*, выполняющие энергетическую функцию. Могут накапливаться в клетке: крахмал - в клетках растений, гликоген - в клетках животных;
- *структурные полисахариды* обеспечивают клеткам и органам механическую прочность;
- *полисахариды, входящие в состав межклеточного матрикса*, принимают участие в образовании тканей, а также в пролиферации и дифференцировке клеток.

Крахмал - это резервный полисахарид растений, содержащийся в наибольшем количестве (до 45% от массы сухого вещества) в зёрнах злаков. Находится в клетках растений в виде гранул, практически нерастворим в воде.

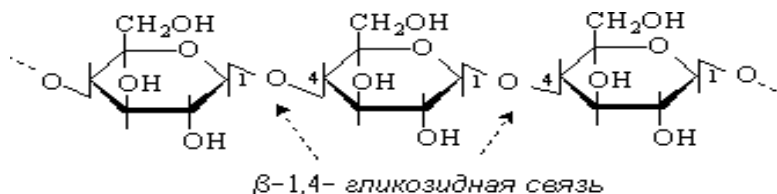
Крахмал - гомогликан, состоит из остатков α-глюкозы и по типу гликозидных связей, соединяющих мономеры в цепи делят на амилозу и амилопектин. Амилоза - неразветвленный полисахарид, включающий 200-300 остатков глюкозы, связанных α-1,4-гликозидной связью. Благодаря α-конфигурации глюкозного остатка, полисахаридная цепь имеет конформацию спирали.



Амилопектин имеет разветвлённую структуру. В местах ветвления остатки глюкозы соединены α -1,6-гликозидными связями. Линейные участки содержат примерно 20-25 остатков глюкозы. При этом формируется древовидная структура.



Целлюлоза (клетчатка) - основной структурный полисахарид растений. Это линейный гомогликан, построенный из остатков глюкозы, соединённых между собой β -1,4-гликозидными связями. Пищеварительная система человека и моногастричных животных (лошадь) не имеет ферментов, гидролизующих β -связи. Поэтому целлюлоза является балластным веществом и необходима для нормального протекания переваривания.



Гликоген - полисахарид животных и человека. В клетках выполняет резервную функцию, но, так как в пище содержится лишь небольшое его количество, он не имеет пищевого значения. Это структурный аналог крахмала, но имеет большую степень ветвления: примерно на каждые 10 остатков глюкозы приходится одна α -1,6-гликозидная связь.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Какие соединения называются углеводами? Назовите основные их функции. Приведите классификацию и напишите структурные формулы представителей каждого класса.
- 2) Основные представители моносахаридов. Строение. Биологическое значение.
- 3) Напишите структурные формулы глюкозы и фруктозы по Фишеру и Хеуорсу.
- 4) Основные представители олигосахаридов. Напишите структурные формулы дисахаридов: сахарозы, мальтозы и лактозы.
- 5) Классификация, основные представители и особенности полисахаридов. Напишите структурные формулы крахмала и клетчатки. Их значение для организма животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. Кононский, А.И. Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М.: Колос. – 1992. -256 с.
3. Комов, В.П. Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. Кнорре, Д.Г. Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И. Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н. Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В. Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. – В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я. Николаев - М.: Высшая школа. – 1989. – 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А. Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. / Ю.Б. Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 9

ЛИПИДЫ

9.1. Классификация, основные представители триацилглицеридов, восков, стеринов и их функции

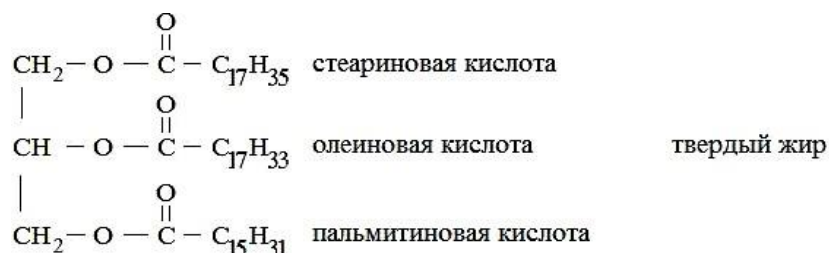
Липиды - природные органические соединения животного и растительного происхождения. С химической точки зрения представляют собой сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и высших (C_{12} - C_{18}) одноатомных карбоновых кислот:

Таблица 1

Классификация липидов

ЛИПИДЫ		
Омыляемые (гидролизуются)		Неомыляемые липоподобные вещества (не гидролизуются)
Простые	Сложные	Стерины
<i>Жиры</i> (триацилглицерины: ТАГ)	<i>Фосфолипиды</i> (фосфатиды)	<i>Зоостерины</i> (выделены из животных)
<i>Масла</i> (триацилглицерины: ТАГ)	<i>Сфинголипиды</i> (сфингомиелины)	<i>Фитостерины</i> (из растений)
<i>Воски</i> (эфиры ВЖК и одноатомных спиртов)	<i>Гликолипиды</i> (цереброзиды, ганглиозиды)	<i>Микостерины</i> (из грибов) и <i>стерины микроорганизмов</i>

По агрегатному состоянию триацилглицериды (ТАГ) делят на твердые и жидкие.



Функции жиров: ТАГ присутствуют в пищевых жирах, могут синтезироваться в печени и жировой ткани, обеспечивая организм запасной энергией (при распаде 1г. жира образуется 9,3 ккал. энергии). ТАГ вместе с белками входят в состав клеточных мембран (структурная функция). Жиры способствуют всасыванию жирорастворимых витаминов; выполняют защитную роль, покрывая ряд органов (почки); образуют подкожную жировую прослойку, которая предохраняет тело от толчков, ударов; выполняют функции теплоизоляционной защиты.

Липиды лиофильны, гидрофобны, но могут образовывать устойчивые эмульсии в присутствии эмульгаторов. Температура плавления и консистенция зависят от строения кислот.

Воски – сложные эфиры высших жирных кислот и высших одноатомных или двухатомных спиртов с числом углеродных атомов от 16 до 30 – это твердые вещества, выполняющие защитные функции. Воски являются нормальными метаболитами некоторых микроорганизмов. К природным воскам относят:

– *пчелиный воск* $C_{15}H_{31}-CO-OC_{31}H_{63}$

– *спермацет* $C_{15}H_{31}-CO-OC_{16}H_{33}$

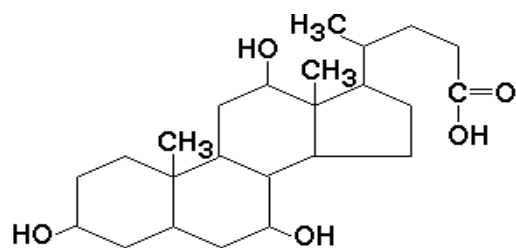
Ланолин – густой жир, добываемый из овечьего жира, предохраняет шерсть от воздействия воды. Имеет сложный состав, в основном это смеси сложных воскоподобных эфиров (холестерин, изохолестерин, эргостерин), жирных кислот и высших спиртов.

Важнейшим представителем **стеринов** является **холестерин** (греч. *chole* – желчь, *stereos* – твердый) – компонент мембран и регулятор свойств гидрофобного слоя.

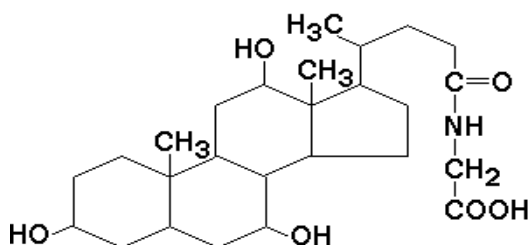


В мозге и нервной ткани (2%) холестерин находится в свободном состоянии. В связанном состоянии: в надпочечниках – 10%, печени и коже – 0,3%, в крови и эндокринных железах – 0,2%. Он является предшественником стероидных гормонов и жёлчных кислот, которые участвуют в регуляции энергетического, водно-солевого обменов, половых функций. Холестерин экскретируется с желчью либо в неизменном виде, либо в виде продуктов его метаболизма – жёлчных кислот.

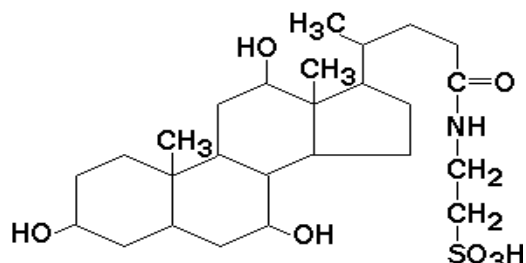
Жёлчные кислоты – производные холестерина, они обладают поверхностно-активными свойствами и участвуют в переваривании жиров, эмульгируя их и делая доступными для действия панкреатической липазы.



холевая кислота



гликохолевая кислота



таурохолевая кислота

В кишечнике карбоксильные группы этих жёлчных кислот не полностью диссоциированы при физиологических значениях pH, поэтому не являются эффективными эмульгаторами. В печени эмульгирующие свойства жёлчных кислот увеличиваются за счёт реакции конъюгации, в которой к карбоксильной группе жёлчных кислот присоединяются таурин или глицин, полностью ионизированные при pH кишечного сока. Конъюгированные жёлчные кислоты - находятся в ионизированной форме и поэтому называются солями жёлчных кислот. Именно они служат главными эмульгаторами жиров в кишечнике.

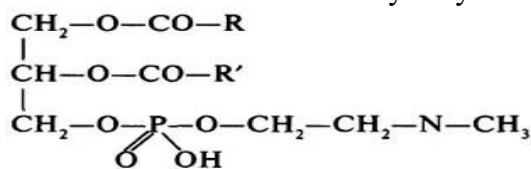
9.2. Сложные липиды и их биологическая роль. Липопротеины.

Важное биологическое значение из сложных липидов приобрели фосфатиды - соединения, состоящие из фосфатидной кислоты и азотистого основания. Фосфатидная кислота - это сложный эфир глицерина двух высокомолекулярных кислот и фосфорной кислоты.

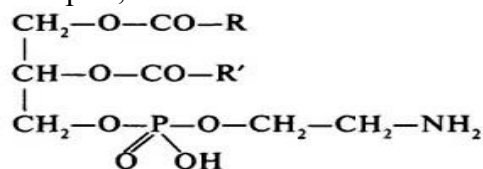


Фосфатидная кислота

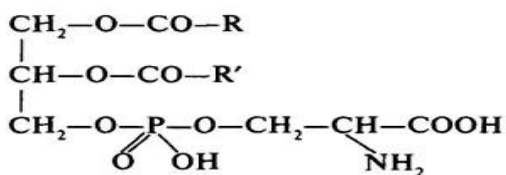
Азотистыми основаниями могут служить аминоспирты, аминокислоты.



Лецитин



Кефалин



Фосфатидилсерин

Фосфатиды обладают уникальным свойством при диспергировании в воде самоорганизоваться в бислои, которые составляют основу биологических клеточных

мембран, они обеспечивают взаимосвязь живой клетки с окружающей средой и клеток между собой. Биомолекулярные фосфолипидные слои могут замыкаться, образуя микросферы – липосомы.

Фосфолипиды находятся во всех органах и тканях. Вместе с холестерином и цереброзидами составляют до 50% от сухого вещества мозга и нервной ткани, много их в сердечной мышце и печени. Играют ключевую роль в стабилизации гидрофобных липидов в крови и являются основным липидным компонентом клеточных мембран.

Липопротеины – представляют собой белково-липидные комплексы, основной функцией которых является транспорт липидов в водной среде организма, поэтому их еще называют *транспортные липопротеины*. Классифицируются на основе их плотности:

- *Хиломикроны (ХМ)* – имеют самую низкую плотность, но большой размер. Синтезируют их эпителий кишечника. Осуществляют транспорт пищевых (экзогенных) триацелглицеринов из кишечника через лимфатическую систему в кровь, затем в печень, жировую и другие ткани. Также доставляют холестерин и жирорастворимые витамины;
- *Липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП)* – синтезируются в эпителии кишечника и печени, осуществляют транспорт эндогенных триглицеридов;
- *Липопротеины промежуточной плотности (ЛППП)* – промежуточная форма превращения ЛПОНП в ЛПНП под действием фермента липопротеинлипазы;
- *Липопротеины низкой плотности (ЛПНП)* – синтезируются в плазме крови из ЛПОНП, являются переносчиками холестерина в форме эфира;
- *Липопротеины высокой плотности (ЛПВП)* – их синтез локализуется в печени и плазме крови, они являются источником апопротеинов для ХМ и ЛПОНП; опосредуют обратный транспорт холестерина, захватывая его из стареющих клеток и других липопротеинов, и перенося их в остаточные частицы, которые поглощаются печенью.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Липиды: классификация, основные представители и биологическая роль.
- 2) Простые жиры. Строение. Представители. Значение.
- 3) Воски: основные представители и их значение.
- 4) Стерины: строение холестерина и его производных. Биологическое значение.
- 5) Сложные липиды. Строение основных представителей фосфатидов. Значение.
- 6) Классификация липопротеинов и их функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.

4. Николаев, А.Я. Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.—1989.— 495 с.
5. Строев, Е.А. Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев — М.: Высшая школа. 1989. — 479 с.
6. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа — 2010. - 416 с.
7. Филиппович, Ю.Б. Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович — М.: Агар. — 1999. — 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 — Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru — Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 10

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

10.1. Общая характеристика обмена веществ. Анаболизм и катаболизм

Живые организмы находятся в постоянной и неразрывной связи с окружающей средой. Эта связь осуществляется в процессе обмена веществ. Обмен веществ включает 3 этапа: поступление веществ в организм, метаболизм и выделение конечных продуктов из организма. Поступление веществ в организм происходит в результате дыхания (кислород) и питания. В ЖКТ продукты питания перевариваются в процессе гидролиза полимеров до мономеров, которые всасываются в кровь и включаются в промежуточный обмен.

Промежуточный обмен (внутриклеточный метаболизм) - это совокупность химических реакций, протекающих в живых клетках и обеспечивающих организм веществами и энергией для его жизнедеятельности, роста и размножения. Включает 2 типа реакций: катаболизм и анаболизм.

- **Катаболизм** — процесс расщепления сложных органических макромолекул (белки, жиры, углеводы) до простых конечных продуктов (CO_2 , H_2O и мочевины). Распад сопровождается выделением свободной энергии (т.е. экзергонические реакции).

- **Анаболизм** — это биосинтез из малых молекул (аминокислот, моносахаридов, глицерина, азотистых оснований, жирных кислот) сложных макромолекул. Биосинтез связан с увеличением размеров молекул и усложнением их структуры, поэтому требует затрат энергии, которая освобождается при катаболизме (т.е. эндергонические реакции).

Катаболизм и анаболизм протекают в клетке одновременно и тесно связаны между собой.

Кормление — это составная часть обмена веществ, поскольку основным источником энергии для живых организмов является энергия, запасенная в химических связях компонентов пищи.

Проявления жизнедеятельности и синтез веществ, входящих в состав тела, обеспечиваются за счет химической энергии, освобождающейся при распаде (окислении) сложных органических веществ. В связи с этим, растения, не использующие для своей жизнедеятельности вещества органической природы, называются *аутоотрофными организмами*, животные являются *гетеротрофными*. Микроорганизмы бывают как аутоотрофы, так и гетеротрофы и для них характерным признаком считается наличие специфических химических веществ и реакций, не встречающихся в клетках животных и растений.

10.2. Обмен энергии. Биологическое окисление

Процессы катаболизма в клетках животных сопровождаются потреблением кислорода, который необходим для реакций окисления. В результате этих реакций происходит освобождение энергии. Небиологические системы могут совершать работу за счёт тепловой энергии, биологические системы функционируют в изотермическом режиме и

для осуществления процессов жизнедеятельности используют химическую энергию. Изучением превращений энергии, сопровождающих химические реакции, занимается биоэнергетика, или биохимическая термодинамика. Живые организмы с точки зрения термодинамики - открытые системы. Между системой и окружающей средой возможен обмен энергии, который происходит в соответствии с *законами термодинамики*:

Первый закон - закон сохранения энергии. Внутри рассматриваемой системы энергия может переходить от одной её части к другой или превращаться из одной формы в другую.

Второй закон - все физические и химические процессы в системе стремятся к необратимому переходу полезной энергии в хаотическую, неуправляемую форму. Мерой перехода служит величина, называемая энтропией (S), она достигает максимума, когда система приходит в истинное равновесие с окружающей средой.

Каждое органическое соединение, поступающее в организм извне или входящее в состав живой материи, обладает определённым запасом внутренней энергии (E). Часть этой внутренней энергии может быть использована для совершения полезной работы. Такую энергию системы называют свободной энергией (G).

Для биологических систем при постоянных температуре (25 °C) и давлении (в 1 атм.) соотношение между изменением свободной энергии системы (ΔG) и изменением энтропии (ΔS) можно представить следующим уравнением:

$$\Delta G = \Delta H - T \times S,$$

где ΔH - изменение энтальпии (внутренней энергии или теплоты, содержащейся в системе); T - абсолютная температура. В условиях, при которых протекают биохимические реакции, ΔH приблизительно равно ΔE (изменению внутренней энергии системы в результате реакции).

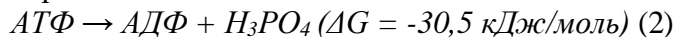
Направление химической реакции определяется значением свободной энергией (G). Если эта величина отрицательна, то реакция протекает самопроизвольно и сопровождается уменьшением свободной энергии. Такие реакции называют *экзергоническими*. Если ΔG положительно, то реакция будет протекать только при поступлении свободной энергии извне; такие реакции называют *эндергоническими*. Если абсолютное значение ΔG велико, то система устойчива, и реакция в таком случае практически не осуществляется. При ΔG , равном нулю, система находится в равновесии.

В биологических системах эндергонические реакции могут протекать лишь за счёт энергии экзергонических реакций. Такие реакции называют *энергетически сопряжёнными*. Многие из этих реакций происходят при участии аденозинтрифосфата (АТФ), играющего роль сопрягающего фактора.

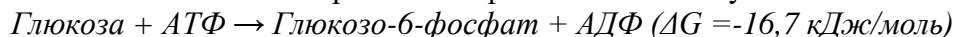
Рассмотрим энергетику сопряжённых реакций на примере реакции *фосфорилирования глюкозы* свободным фосфатом с образованием глюкозо-6-фосфата (эндергоническая реакция):



Для протекания такой реакции в сторону образования глюкозо-6-фосфата необходимо её сопряжение с другой реакцией, величина свободной энергии которой больше, чем требуется для фосфорилирования глюкозы.



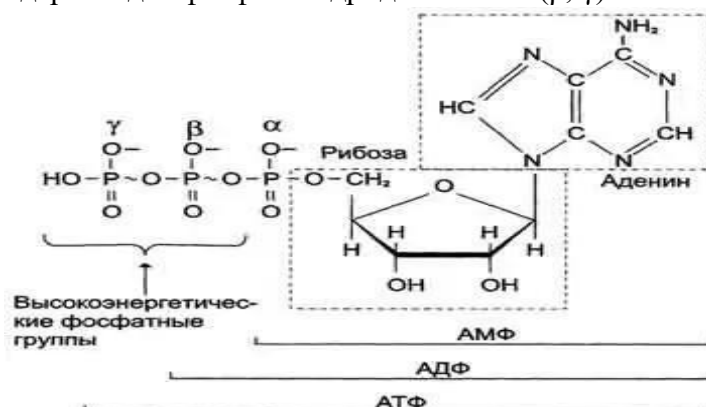
При сопряжении процессов (1) и (2) в реакции, катализируемой гексокиназой, фосфорилирование глюкозы легко протекает в физиологических условиях:



10.3. Характеристика высокоэнергетических фосфатов. Роль АТФ в организме

В живых организмах существует целая группа органических фосфатов (АТФ, енолфосфаты, ангидриды и фосфогуанидины), гидролиз которых приводит к освобождению большого количества свободной энергии. Такие соединения называют *высокоэнергетическими фосфатами*.

Центральное место среди этих соединений занимает АТФ - молекула, богатая энергией, т.к. она содержит две фосфоангидридные связи (β , γ).



При гидролизе концевой фосфоангидридной связи АТФ превращается в АДФ и ортофосфат P_i . При этом изменение свободной энергии составляет - 7,3 ккал/моль. При условиях, существующих в клетке в норме ($pH\ 7,0$, $t = 37^\circ C$), фактическое значение ΔG^0 для процесса гидролиза составляет около - 12 ккал/моль. Величина свободной энергии гидролиза АТФ делает возможным его образование из АДФ за счёт переноса фосфатного остатка от других высокоэнергетических фосфатов.

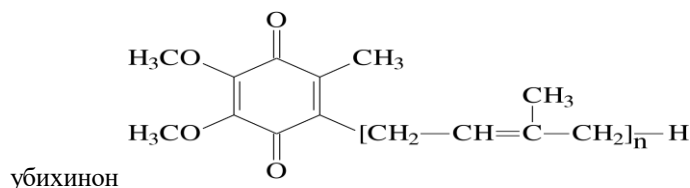
АТФ участвует в эндергонических реакциях: фосфорилирование глюкозы или глицерина; выступает в роли донора энергии в анаболических процессах. Некоторые биосинтетические реакции в организме могут протекать при участии других нуклеозидтрифосфатов, аналогов АТФ, к ним относят гуанозинтрифосфат (ГТФ), уридинтрифосфат (УТФ) и цитидинтрифосфат (ЦТФ). Все эти нуклеотиды, в свою очередь, образуются при использовании свободной энергии концевой фосфатной группы АТФ. Наконец, за счёт свободной энергии АТФ совершаются различные виды работы, лежащие в основе жизнедеятельности организма, например, мышечное сокращение или активный транспорт веществ.

Таким образом, АТФ - главный, непосредственно используемый донор свободной энергии в биологических системах. В клетке молекула АТФ расходуется в течение одной минуты после её образования. У млекопитающих количество АТФ, равное массе тела, образуется и разрушается каждые 24 ч.

Использование АТФ как источника энергии возможно только при условии непрерывного синтеза АТФ из АДФ за счёт энергии окисления органических соединений. Цикл АТФ-АДФ - основной механизм обмена энергии в биологических системах, а АТФ - универсальная "энергетическая валюта".

10.4. Организация и функционирование дыхательной цепи

В процессе ферментативного окисления метаболитов специфическими дегидрогеназами освобождается энергия. Электроны, обладающие высоким энергетическим потенциалом, передаются от восстановленных коферментов НАДН и ФАДН₂ к кислороду через цепь *переносчиков*, локализованных во внутренней мембране митохондрий (убихинон или коэнзим Q; сложные белки, в состав которых входят небелковые компоненты: ФМН, Fe в составе железо-серных белков и порфириновых колец, ионы Cu).



Каждый переносчик способен присоединять электроны от предыдущего компонента и передавать следующему. Так возникает цепь окислительно-восстановительных реакций, в результате которых происходят восстановление O_2 и синтез H_2O :



Окисление органических веществ в клетках, сопровождающееся потреблением кислорода и синтезом воды, называют **тканевым дыханием**, а цепь переноса электронов (ЦПЭ) - **дыхательной цепью**.

Электроны, поступающие в ЦПЭ, по мере их продвижения от одного переносчика к другому теряют свободную энергию. Значительная часть этой энергии запасается в форме АТФ, а часть энергии рассеивается в виде тепла. Кроме того, электроны с высоким энергетическим потенциалом, возникающие при окислении различных субстратов, могут быть использованы в реакциях биосинтеза.

Цитохромы (гемопротеины) присутствуют во всех типах организмов. Известно около 30 различных цитохромов. Все цитохромы в качестве простетической группы содержат гем. В зависимости от способности поглощать свет в определённой части спектра цитохромы делят на группы а, b, с. Внутри каждой группы отдельные виды с уникальными спектральными свойствами обозначают цифровыми индексами (b, b_1, b_2). Структурные особенности разных видов цитохромов определяют различие в их окислительно-восстановительных потенциалах. В дыхательной цепи участвуют 5 типов цитохромов (a, a_3, b, c, c_1). За исключением цитохрома с, все цитохромы находятся во внутренней мембране митохондрий в виде сложных белковых комплексов.

Общая схема и функционирование дыхательной цепи:



1 комплекс: имеет название НАДН-КоQ-оксидоредуктаза или НАДН-дегидрогеназа. Содержит ФМН, 22 белковых молекулы, из них 5 железосерных белков.

Функция: принимает электроны от НАДН и передает их на коэнзим Q; переносит 4 иона H^+ на наружную поверхность внутренней митохондриальной мембраны.

2 комплекс. ФАД-зависимые дегидрогеназы. Данный комплекс выделяют условно. Включает ферменты: ацил-SКоА-дегидрогеназу, сукцинатдегидрогеназу, митохондриальную глицерол-3-фосфат-дегидрогеназу. **Функция:** восстановление ФАД в окислительно-восстановительных реакциях; обеспечение передачи электронов от ФАДН₂ на железосерные белки внутренней мембраны митохондрий; далее эти электроны попадают на коэнзим Q.

3 комплекс. КоQ-цитохром-с-оксидоредуктаза: включает цитохромы b и c_1 , железо-серных белка. **Функция:** принимает электроны от коэнзима Q и передает их на цитохром с; переносит 2 иона H^+ на наружную поверхность мембраны.

4 комплекс. Цитохром-с-кислород-оксидоредуктаза (цитохромоксидаза): находятся цитохромы а и аз, содержит 6 полипептидных цепей, имеется 2 иона меди. Комплекс цитохромов а-аз непосредственно реагирует с молекулярным кислородом.

Функция: принимает электроны от цитохрома с и передает их на кислород с образованием воды; переносит 4 иона H^+ на поверхность мембраны.

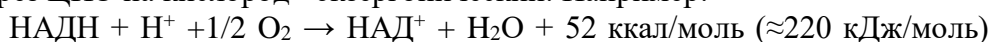
5 комплекс – это фермент АТФ-синтаза, состоящий из множества белковых цепей, подразделенных на две большие группы: одна группа формирует субъединицу F_0 (олигомицин-чувствительная) – ее функция каналобразующая, по ней выкачанные наружу протоны водорода устремляются в матрикс. Другая группа образует субъединицу F_1 – ее функция каталитическая, именно она, используя энергию протонов, синтезирует АТФ. Упрощенно считают, что для синтеза 1 молекулы АТФ необходимо прохождение приблизительно 3-х протонов H^+ .

10.5. Механизм сопряжения окисления с фосфорилированием

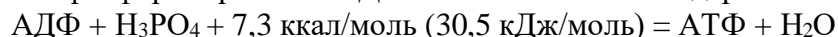
Транспорт электронов по ЦПЭ к кислороду сопровождается снижением свободной энергии. Снижение свободной энергии происходит на каждом этапе ЦПЭ, и энергия электронов выделяется порциями.

Вместе с тем в дыхательной цепи можно выделить 3 участка, в которых перенос электронов сопровождается относительно большим снижением свободной энергии. Эти этапы способны обеспечить энергией синтез АТФ, так как количество выделяющейся свободной энергии приблизительно равно энергии, необходимой для синтеза АТФ из АДФ и фосфата. Экспериментально было подтверждено, что процесс переноса электронов по ЦПЭ и синтез АТФ энергетически сопряжены.

Первый процесс - перенос электронов от восстановленных коферментов НАДН и ФАДН₂ через ЦПЭ на кислород - экзергонический. Например:



Второй процесс - фосфорилирование АДФ или синтез АТФ - эндергонический:



Синтез АТФ из АДФ и H_3PO_4 за счёт энергии переноса электронов по ЦПЭ называют **окислительным фосфорилированием**.

Окисление молекулы НАДН в ЦПЭ сопровождается образованием 3 молекул АТФ; электроны от ФАД-зависимых дегидрогеназ поступают в ЦПЭ на КоQ, минуя первый пункт сопряжения. Поэтому образуются только 2 молекулы АТФ. Отношение количества фосфорной кислоты (Р), использованной на фосфорилирование АДФ, к атому кислорода (О), поглощённого в процессе дыхания, называют коэффициентом окислительного фосфорилирования и обозначают Р/О. Следовательно, для НАДН Р/О = 3, для сукцината (или флавопротеида) Р/О = 2. Эти величины отражают теоретический максимум синтеза АТФ, фактически эта величина меньше.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика обмена веществ. Анаболизм и катаболизм.
- 2) Обмен энергии. Экзер- и эндергонические реакции и их значение.
- 3) Характеристика высокоэнергетических фосфатов. Роль АТФ в организме.
- 4) Организация и функционирование дыхательной цепи.
- 5) Механизм сопряжения окисления с фосфорилированием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. Кононский, А.И. Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.

3. **Комов, В.П.** Биохимия / В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 11

ОБМЕН АМИНОКИСЛОТ И БЕЛКОВ

11.1. Общая характеристика обмена белков. Азотистый баланс

Выполняя ряд уникальных функций белки определяют не только микро- и макроструктуру отдельных субклеточных образований, специфику организации клеток, органов и целостного организма, но и в значительной степени динамическое состояние между организмом и окружающей его средой. Белковый обмен строго специфичен, направлен на обеспечение непрерывности воспроизводства и обновления белков организмов.

В животных организмах из белков состоит мышечная ткань, эпидермис, гладкая мускулатура, форменные элементы крови, хрящи. Все необходимые аминокислоты получают с белковой пищей. В процессе пищеварения, разлагая белки пищи до исходных аминокислот, используют их для создания своих специфических белков.

Кроме того, как известно, при сгорании белков освобождается энергия, которая может быть заменена энергией окисления углеводов и липидов.

Азотистый баланс: Поскольку часть пищи представлена белками (в 100г белка – 16г азота) считают, что критериями правильной оценки состояния обмена белков является определение *азотистого баланса* – количественная разница между введением с пищей азота и выделением его в виде конечного продукта.

Если в организме за сутки выводится меньше азота, чем было введено его с пищей, то такой баланс называют *положительный азотистый баланс*. При нем преобладают процессы анаболизма. Характерен для растущих организмов и периода беременности.

Если количество азота, принятого с пищей, оказывается меньше выводимого, то баланс называется *отрицательным*, при нем усиливаются процессы распада белков органов и тканей. Наблюдается при голодании, инфекциях, тяжелых заболеваниях и у старых

животных. В состоянии *азотистого равновесия* количество азота, выделившегося организмом равен количеству получаемого с пищей. Характерно для взрослых животных, находящихся на здоровой полноценной диете.

11.2. Переваривание белков и всасывание продуктов распада в желудочно-кишечном тракте

В желудке имеются все условия для переваривания белков: активный фермент *пепсин* и *свободная соляная кислота*, которая переводит неактивный пепсиноген в активный пепсин и создает оптимальные условия для его действия (рН 1,5-2,5). Она стимулирует выработку секрета в двенадцатиперстной кишке, ускоряет всасывание железа и оказывает бактерицидное действие.

Пепсин, катализирующий гидролиз пептидных связей, образованных остатками ароматических аминокислот, расщепляет практически все природные белки, исключение составляют некоторые кератины, проламины, гистоны и мукопротеины. У молодняка эту функцию выполняет белок – *ренин*.

Дальнейшее превращение белков пищи осуществляется в тонкой кишке под действием ферментов панкреатического и кишечного соков. *Трипсин* и *химотрипсин* действуют в слабокислой среде (рН 7,2-7,8) разрывают другие пептидные связи, образуя различной длины пептиды и свободные аминокислоты. Далее действуют ферменты – *пептидазы*, которые отщепляют по одной аминокислоте от полипептида, образуя вначале дипептиды, затем аминокислоты. Свободные аминокислоты всасываются через мембраны стенки кишечника в кровь. Часть не расщепившихся белков и не всосавшихся аминокислот подвергаются в толстом кишечнике гниению, под действием микроорганизмов, ферменты которых способствуют катаболизму и образованию 4 видов газов: метана, сероводорода, аммиака и углекислого газа, а также ядовитых веществ: фенола, индола, скатола, крезола и других. После всасывания эти продукты через воротную вену попадают в печень, где подвергаются обезвреживанию с образованием нетоксических веществ, которые выделяются с мочой.

11.3. Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях

Аминокислоты с кровью доносятся до всех органов и тканей. Здесь они используются либо для синтеза белка, либо сгорают или расщепляются до конечных продуктов. Условно промежуточный обмен аминокислот можно разделить на общие пути обмена и индивидуальные превращения отдельных аминокислот.

Общие пути обмена аминокислот: 1. Дезаминирование – это отщепление аминогруппы от аминокислоты в виде аммиака. Различают 4 вида:

Восстановительное: $R-CH(NH_2)-COOH + H_2 \rightarrow NH_3 \uparrow + R-CH_2-COOH$

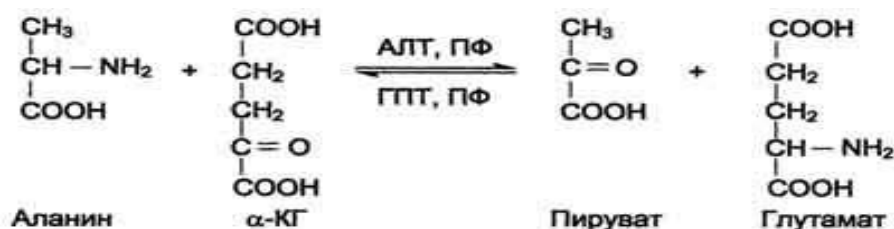
Гидролитическое: $R-CH(NH_2)-COOH + H_2O \rightarrow NH_3 \uparrow + R-CHOH-COOH$

Внутримолекулярное: $R-CH_2-CH(NH_2)-COOH \rightarrow NH_3 \uparrow + R-CH=CH-COOH$

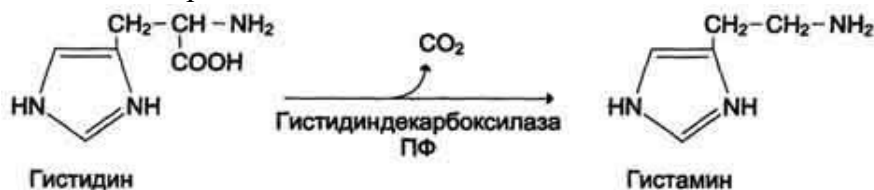
Окислительное: $R-CH(NH_2)-COOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NH_3 \uparrow + R-CO-COOH$

Помимо аммиака продуктами дезаминирования являются жирные кислоты, окси- и кетокислоты, которые затем поступают в соответствующие циклы или цепи биохимических реакций.

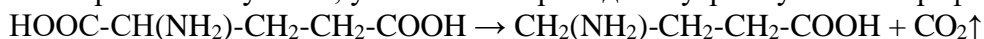
2. Трансаминирование аминокислот – это реакции межмолекулярного переноса аминогруппы от аминокислоты на кетокислоту без промежуточного образования аммиака. Это обратимые реакции, в ходе которых образуются новые аминокислоты и кетокислоты, катализируются ферментами – аминотрансферазами:



3. Декарбоксилирование – отщепление карбоксильной группы в виде углекислого газа. В результате этих реакций образуются биогенные амины, оказывающие сильное фармакологическое действие на организм. В отличие от других процессов промежуточного обмена аминокислот они являются необратимыми и происходят под действием ферментов – декарбоксилаз:



При декарбоксилировании глутаминовой кислоты образуется α-аминомасляная кислота (ГАМК), которая накапливается в мозговой ткани и тормозит скорость прохождения нервных импульсов, у животных приводит к утрате условных рефлексов:

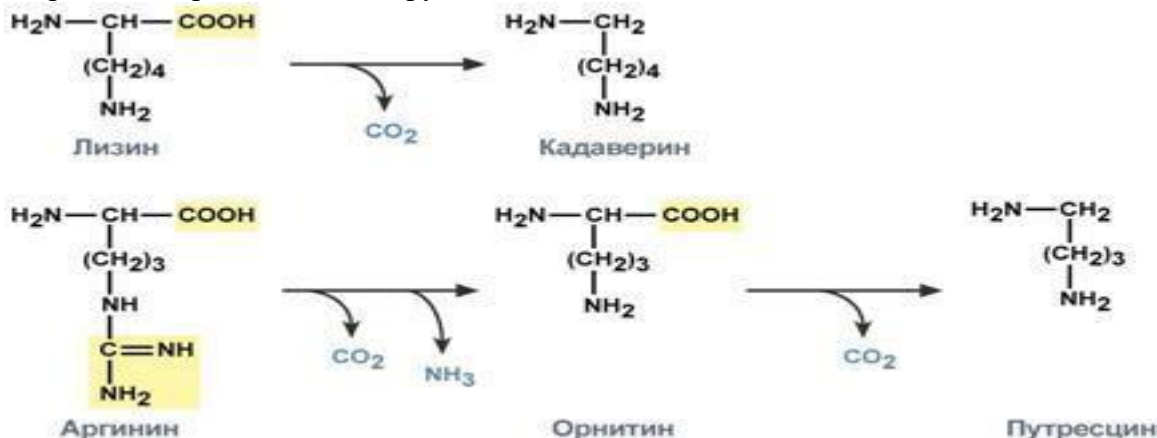


11.4. Гниение белков в кишечнике

В соке толстого отдела кишечника содержатся карбонаты, создаются условия для микробиологических процессов. Гнилостные микроорганизмы кишечника для своего роста и размножения используют различные аминокислоты, располагают набором ферментных систем, катализирующих разнообразные превращения пищевых аминокислот с образованием ядовитых продуктов их распада: фенола, индола, крезола, скатола, сероводорода, метилмеркаптана, а также нетоксичных для организма соединений: спиртов, аминов, жирных кислот, кетокислот, оксикислот.

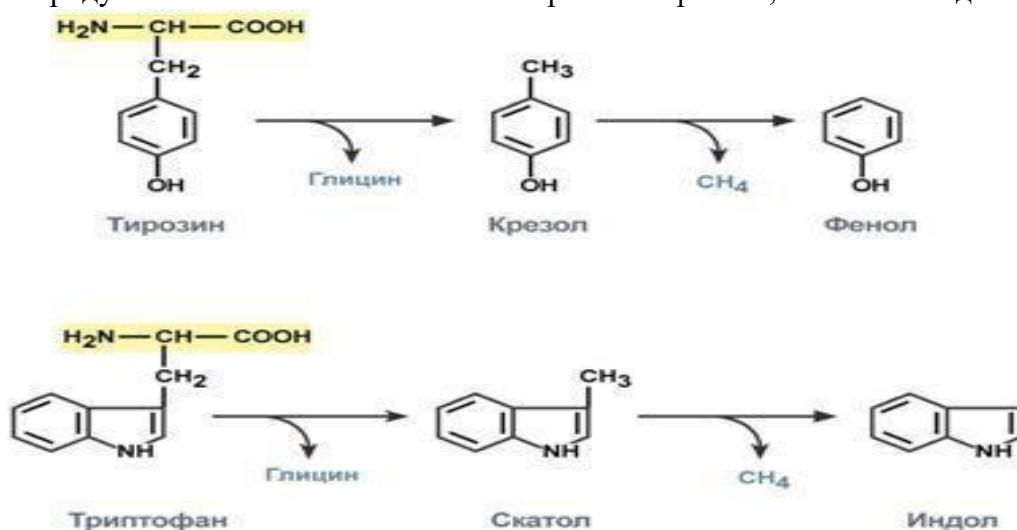
Все эти превращения аминокислот, вызванные деятельностью микроорганизмов кишечника, получили общее название «гниение белков в кишечнике». Так, в процессе распада серосодержащих аминокислот (цистина, цистеина, метионина) в кишечнике образуются сероводород H_2S и метилмеркаптан CH_3SH .

Диаминокислоты – орнитин и лизин – подвергаются процессу декарбоксилирования под действием декарбоксилаз с образованием токсичных аминов – путресцина и кадаверина, которые называют трупными ядами:



Из ароматических аминокислот: фенилаланин, тирозин и триптофан – при бактериальном декарбоксилировании образуются соответствующие амины: фенилэтиламин, параоксифенилэтиламин (тирамин) и индолилэтиламин (триптамин).

Кроме того, микробные ферменты кишечника вызывают постепенное разрушение боковых цепей циклических аминокислот (тирозина и триптофана), с образованием ядовитых продуктов обмена – соответственно крезола и фенола, скатола и индола.



После всасывания эти продукты через воротную вену попадают в печень, где подвергаются обезвреживанию путем химического связывания с серной или глюкуроновой кислотой с образованием нетоксичных, так называемых парных, кислот (фенолсерная или скатоксилсерная кислота), которые выделяются с мочой.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика обмена белков. Азотистый баланс.
- 2) Переваривание белков и всасывание продуктов распада в желудочно-кишечном тракте.
- 3) Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях. Дезаминирование и трансаминирование аминокислот.
- 4) Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях. Декарбоксилирование аминокислот.
- 5) Гниение белков в кишечнике. Напишите соответствующие реакции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Березов, Т.Т. Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. Кононский, А.И. Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М.: Колос. – 1992. -256 с.
3. Комов, В.П. Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. Кнорре, Д.Г. Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. Блинов, В.А. Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. Буршина, С.Н. Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. Ленинджер, А. Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. Николаев, А.Я. Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.

5. Строев, Е.А. Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. Филиппович, Ю.Б. Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

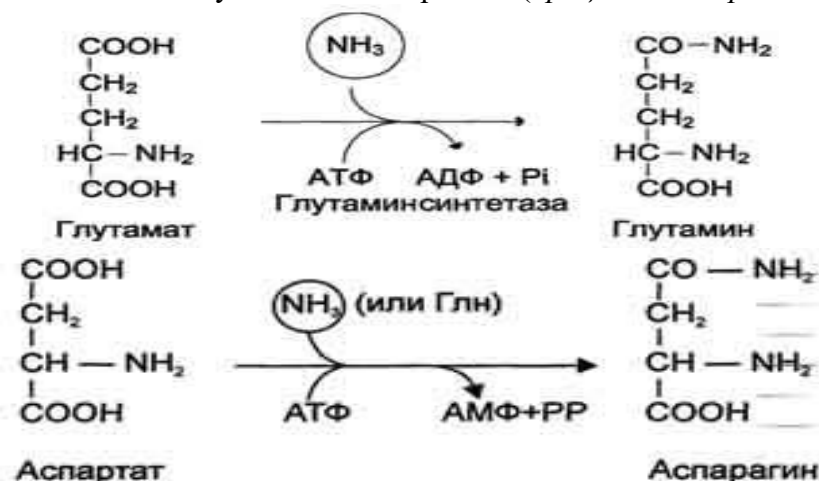
Лекция 12

ОБМЕН БЕЛКОВ

12.1. Конечные продукты белкового обмена

Млекопитающие и человек выводят аммиак в виде мочевины и называются *уреотелическими* организмами. Птицы и наземные рептилии выделяют полужидкую мочу, в которой содержатся кристаллы мочевой кислоты и называются *урикотелическими* организмами. Следовательно, аммиак, мочевины, мочевая кислота являются конечными продуктами белкового обмена.

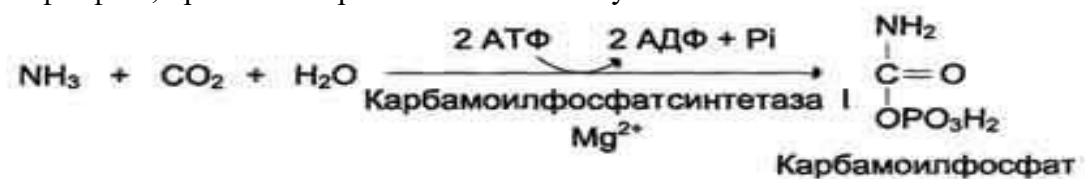
Аммиак является мощным цитотоксическим ядом. Одним из путей связывания и обезвреживания аммиака в организме, в частности в мозге, сетчатке, почках, печени и мышцах является биосинтез глутамина и аспарагина (*процесс амидирования*):



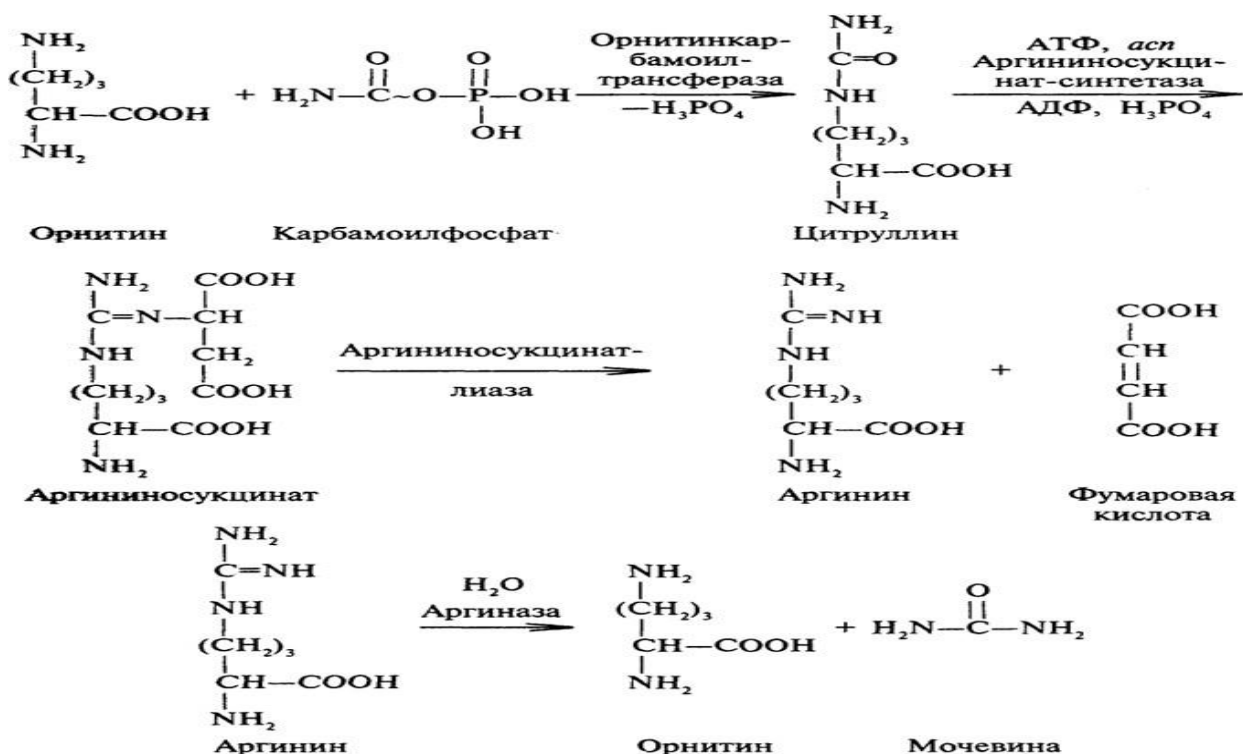
Наиболее значительные количества аммиака обезвреживаются в печени путём **синтеза мочевины**. В норме с мочой млекопитающие выделяют за счет солей мочевины $\approx 90\%$ азота, солей аммония – 4%, креатинина – 5% и мочевой кислоты – 1%.

В 40-х годах XX века немецкие биохимики Г. Кребс и К. Гензелейт установили, что синтез мочевины представляет собой циклический процесс, состоящий из нескольких стадий, ключевым соединением которого, замыкающим цикл, является орнитин. Поэтому процесс синтеза мочевины получил название "**орнитиновый цикл**", или "**цикл Кребса-Гензелейта**".

В первой реакции процесса аммиак связывается с диоксидом углерода с образованием карбамоилфосфата, при этом затрачиваются 2 молекулы АТФ:



Далее карбамоилфосфат конденсируется с орнитином с образованием цитруллина.



Образующийся орнитин взаимодействует с новой молекулой карбамоилфосфата, и цикл замыкается.

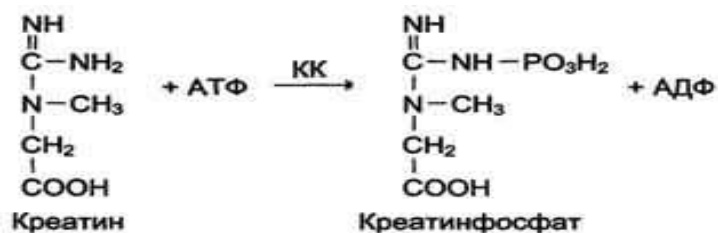
Первые две реакции процесса происходят в митохондриях гепатоцитов. Затем цитруллин, транспортируется в цитозоль, где и осуществляются дальнейшие превращения. В цикла расходуются 3 молекулы АТФ на каждый оборот цикла.

Биологическая роль цикла: в печени выполняет 2 функции: 1) превращение азота аминокислот в мочевину, которая экскретируется и предотвращает накопление токсичных продуктов (NH_3); 2) синтез аргинина и пополнение его фонда в организме.

Эффективность работы орнитинового цикла при нормальном питании и умеренных физических нагрузках составляет примерно 60% его мощности. Увеличение скорости синтеза мочевины происходит при длительной физической работе; голодании и некоторых патологических состояниях, характеризующихся интенсивным распадом белков тканей. Также при избыточном белковом питании количество ферментов орнитинового цикла в печени увеличивается, что приводит к интенсификации синтеза мочевины.

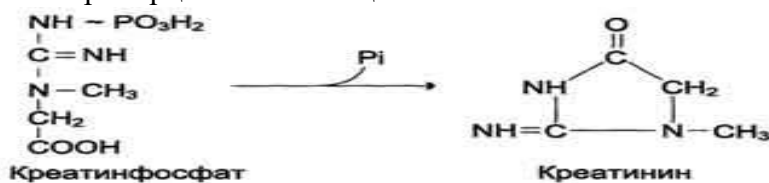
12.2. Синтез креатинина

В форме креатинина, который образуется из креатина и креатинфосфата, из организма выделяется значительная часть азота аминокислот. Креатин с кровотоком переносится в мышцы и клетки мозга, где из него образуется высокоэнергетическое соединение – креатинфосфат. Эта реакция легко обратима и катализируется ферментом креатинкиназой. Фермент локализован в цитозоле и митохондриях клеток, обладает органоспецифичностью:



Креатинфосфат играет важную роль в обеспечении энергией работающей мышцы. В результате неферментативного дефосфорилирования креатинфосфат превращается в

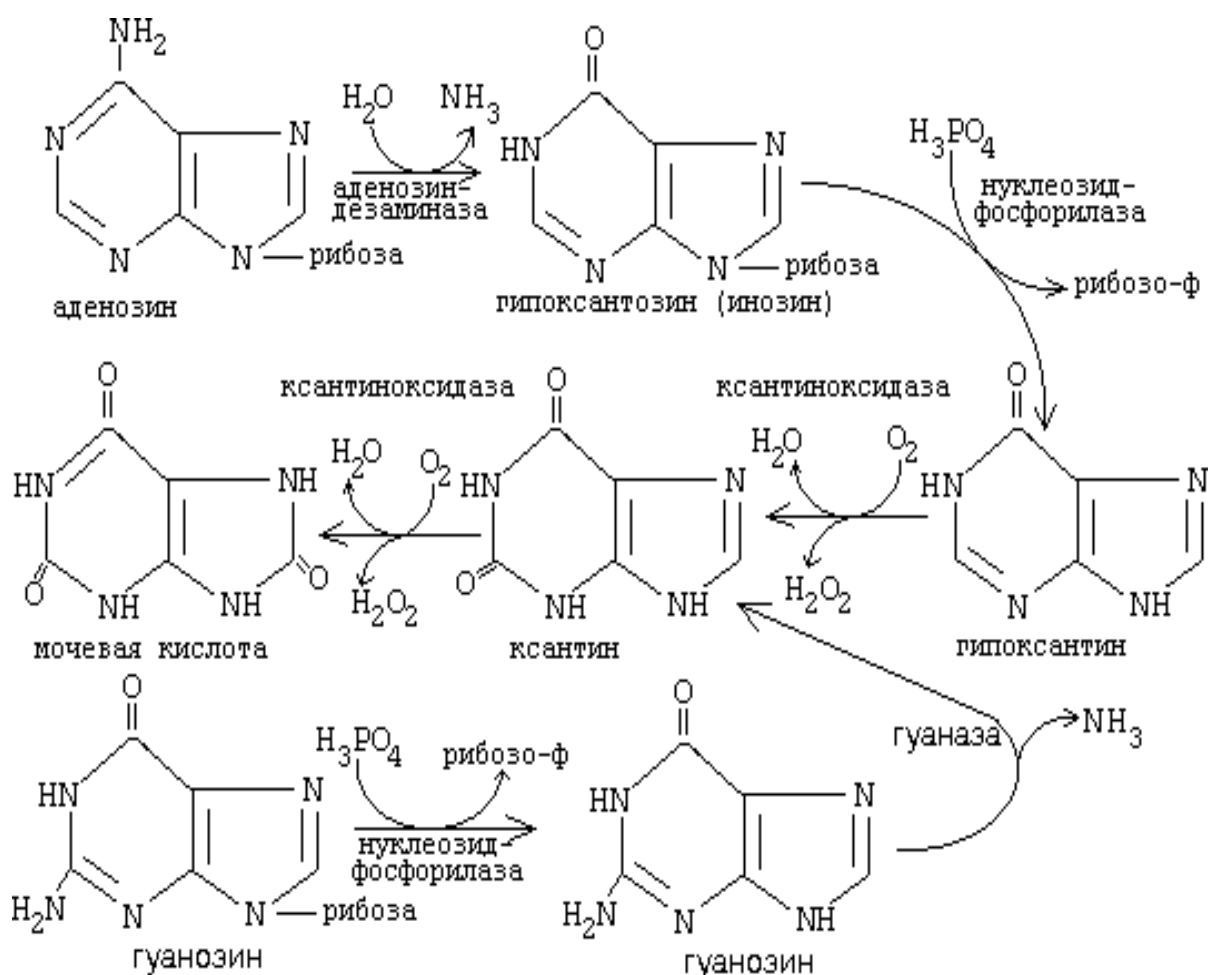
креатинин, который выводится с мочой. Суточное выделение креатинина у каждого животного постоянно и пропорционально общей мышечной массе:



Определение содержания креатина и креатинина в крови и моче используется для характеристики интенсивности работы мышц и при некоторых патологических состояниях. Определение активности фермента креатинкиназы и его изоферментных форм в крови используется для диагностики таких заболеваний, как инфаркт миокарда, миопатии, мышечные дистрофии.

12.3. Обмен сложных белков. Катаболизм пуриновых нуклеотидов

У человека и животных основной продукт катаболизма пуриновых нуклеотидов - мочевая кислота. От АМФ и аденозина аминогруппа удаляется гидролитически аденозиндеаминазой с образованием ИМФ. ИМФ и ГМФ превращаются в соответствующие нуклеозиды: инозин и гуанозин под действием 5'-нуклеотидазы. Пурипнуклеозидфосфорилаза катализирует расщепление N-гликозидной связи в инозине и гуанозине с образованием рибозо-1-фосфата и азотистых оснований: гуанина и гипоксантина. Гуанин дезаминируется и превращается в ксантин, а гипоксантин окисляется в ксантин с помощью ксантиноксидазы, которая катализирует и дальнейшее окисление ксантина в мочевую кислоту. Ксантиноксидаза - аэробная оксидоредуктаза, она окисляет пурины молекулярным кислородом с образованием пероксида водорода. В значительных количествах фермент обнаруживается только в печени и кишечнике.



Мочевая кислота удаляется из организма с мочой и немного через кишечник с фекалиями. У всех млекопитающих, кроме приматов и человека, имеется фермент уриказы, расщепляющий мочевую кислоту с образованием аллantoина.

Амфибии, птицы и рептилии, подобно человеку, лишены уриказы и экскретируют мочевую кислоту и гуанин в качестве конечных продуктов обмена.

Мочевая кислота является слабой кислотой. Содержание недиссоциированной формы и солей (уратов) зависит от pH раствора. При физиологических значениях pH у мочевой кислоты может диссоциировать только один протон из трёх ($pK = 5,8$), поэтому в биологических жидкостях присутствует как недиссоциированная кислота в комплексе с белками, так и её натриевая соль.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Конечные продукты белкового обмена. Пути утилизации аммиака в организме. Процесс амидирования.
- 2) Орнитиновый цикл мочевинообразования и его биологическая роль. Напишите реакцию.
- 3) Синтез креатинина. Значение его определения в крови и моче.
- 4) Обмен сложных белков. Катаболизм пуриновых нуклеотидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 13

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ (часть 1)

13.1. Общая характеристика обмена углеводов

Обмен углеводов складывается из следующих процессов:

- Расщепление в желудочно-кишечном тракте поступивших с пищей полисахаридов и дисахаридов до моносахаридов.
- Синтез и распад гликогена в тканях, прежде всего в печени.
- Анаэробное и аэробное расщепление глюкозы. Пентозофосфатный путь распада глюкозы.
- Аэробный метаболизм пировиноградной кислоты (окислительное декарбоксилирование ПВК, цикл трикарбоновых кислот). Этот процесс выходит за рамки углеводного обмена, однако может рассматриваться как завершающая его стадия.
- Глюконеогенез – синтез глюкозы из неуглеводных соединений (ПВК, молочной кислоты, глицерина, аминокислот).

13.2. Переваривание и всасывание углеводов в ЖКТ

Переваривание углеводов в желудочно-кишечном тракте осуществляют ферменты - гликозидазы. Полисахариды под влиянием амилазы слюны начинают частично

расщепляться уже в ротовой полости. Однако здесь пища находится короткое время (1-5 мин), поэтому большинство полисахаридов остаются неизменными. Затем пища поступает в желудок, в соке которого нет ферментов, расщепляющих углеводы. Однако благодаря протеолитическому ферменту – пепсину, происходит распад сложных белков – гликопротеинов.

Переваривание углеводов заканчивается в тонком кишечнике. Здесь кормовые массы пропитываются панкреатическим и кишечным соком, превращаются в жидкую кашу – *химус*. Крахмал и гликоген под действием амилазы поджелудочной железы в тонком кишечнике распадается до α -глюкозы. Клетчатка, у жвачных животных гидролизуется ферментами микроорганизмов (целлюлазой) в рубце и толстого отдела кишки до β -глюкозы. Гидролиз полисахаридов процесс ступенчатый, вначале образуются олигосахариды – мальтоза, изомальтоза, которые вместе с сахарозой и лактозой пищи формируют основной фонд дисахаридов. На последние действуют высокоспецифичные ферменты щетинистого эпителия тонкого кишечника (*мальтаза, изомальтаза, сахараза, лактаза*) с образованием трех моносахаридов – глюкозы, фруктозы, галактозы, которые не перевариваются, а всасываются в кровь с помощью облегченной диффузии или за счет активного транспорта, используя энергию АТФ и работу натриевого насоса. Затем с кровью поступают в печень, где начинается их сортировка. Одна часть глюкозы (3%) под действием ферментов превращается в гликоген и откладывается в печени в виде небольших глыбок, 30% - превращается в жиры, другая часть глюкозы (67%) с током крови поступает в органы и ткани, где окисляется до оксида углерода и воды.

Окисляется 2 путями: 1) *анаэробный гликолиз* – происходит в цитоплазме, без доступа кислорода, характерен эритроцитам, идет в сердечной мышце, мозге, почках. Он является источником малой энергии (2 молекулы АТФ), молочной кислоты.

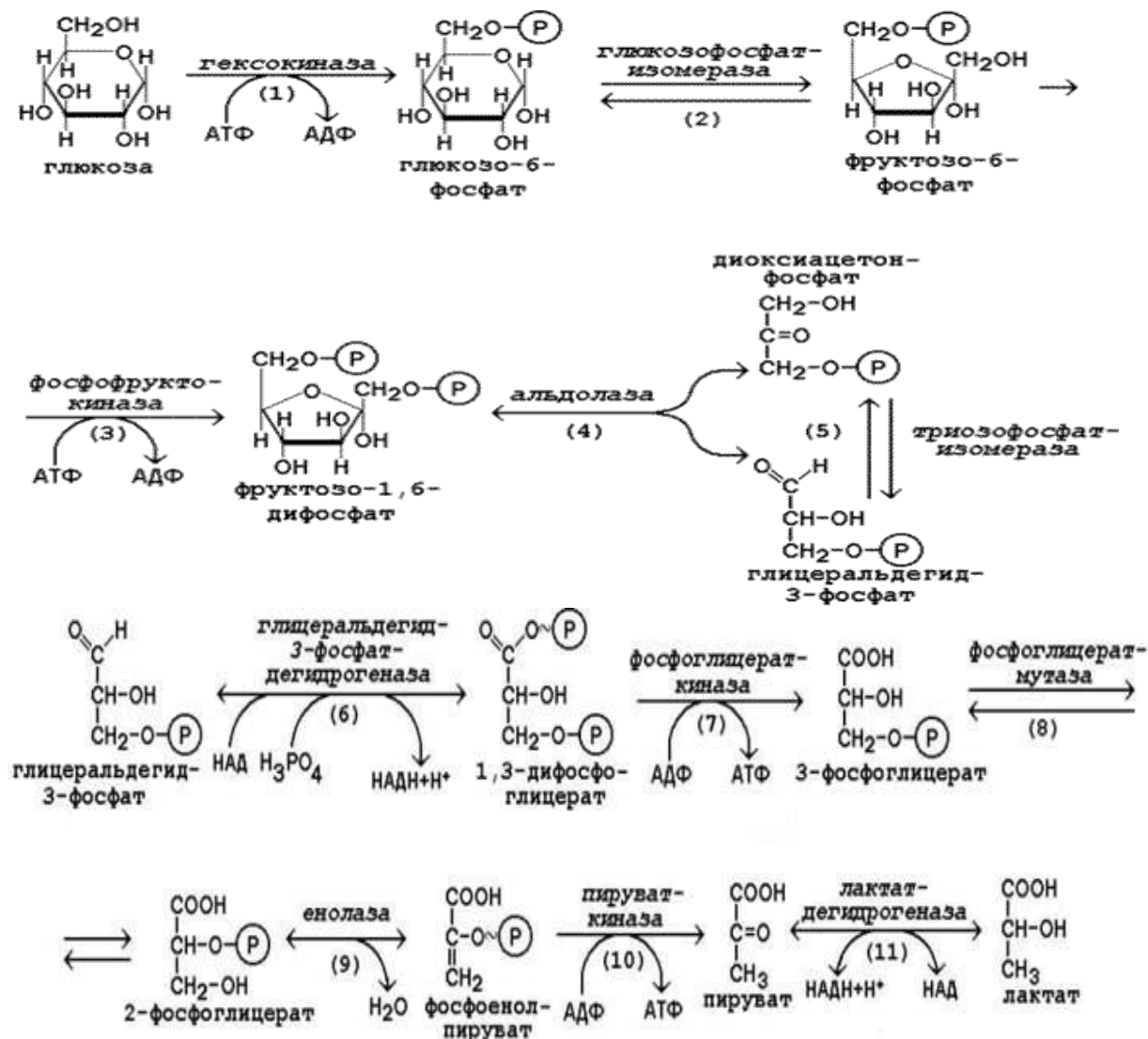
При отсутствии работы анаэробного гликолиза вступает в силу *пентозофосфатный путь* окисления глюкозы, который является источником энергии (1 молекула глюкозы – 36 АТФ), поставщиком материала для синтеза нуклеиновых кислот, желчных кислот и холестерина. У млекопитающих активность этого цикла относительно высока в печени, надпочечниках, эмбриональной ткани и молочной железе в период лактации.

2) *аэробный гликолиз* – когда в организме достаточно кислорода идет распад глюкозы до пировиноградной кислоты, которая в дальнейшем окисляется до CO_2 и H_2O в ЦТК с образованием 38 молекул АТФ, для организма это энергетически выгодный процесс, происходящий в митохондриях клеток.

Клетчатка у моногастричных животных не распадается, она метаболизируется в толстом отделе под влиянием ферментов микроорганизмов.

13.3. Анаэробный распад глюкозы. Реакции. Биологическое значение

Анаэробный гликолиз (от греч. *glucys* – сладкий и *lysis* – распад) – сложный ферментативный процесс последовательных превращений глюкозы, протекающий в тканях человека и животных без потребления кислорода. Конечным продуктом этого процесса является молочная кислота и образуется АТФ.



Процессы гликолиза интенсивны в работающей мышечной ткани, за счет энергии гликолиза существуют эритроциты, у которых нет митохондрий и, следовательно, невозможен аэробный распад.

Биологическое значение: заключается в образовании богатых энергией фосфатных соединений. На первой стадии затрачивается 2 молекулы АТФ (1 и 3 реакция). На второй стадии образуется 4 АТФ (7 и 10 реакция), таким образом, энергетическая эффективность гликолиза в анаэробных условиях составляет $4-2=2$ молекулы АТФ на 1 молекулу глюкозы. Известно, что изменение свободной энергии при расщеплении глюкозы до 2 молекул лактата составляет примерно 210 кДж/моль. Некоторое количество энергии (≈ 126 кДж/моль) рассеивается в виде тепла, а ≈ 84 кДж/моль накапливается в форме макроэргических связей АТФ, таким образом, коэффициент полезного действия анаэробного гликолиза = 0,4 (84:210).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика обмена углеводов.
- 2) Переваривание и всасывание углеводов в желудочно-кишечном тракте.
- 3) Анаэробный распад глюкозы. Реакции. Биологическое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 14

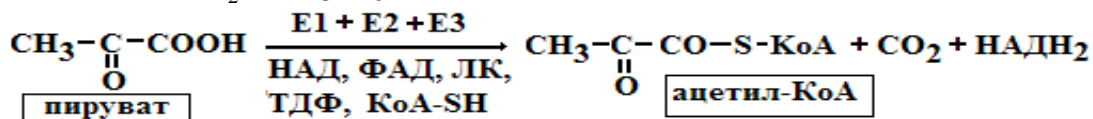
ОБМЕН УГЛЕВОДОВ (часть 2)

14.1 Аэробный распад глюкозы (непрямой путь окисления)

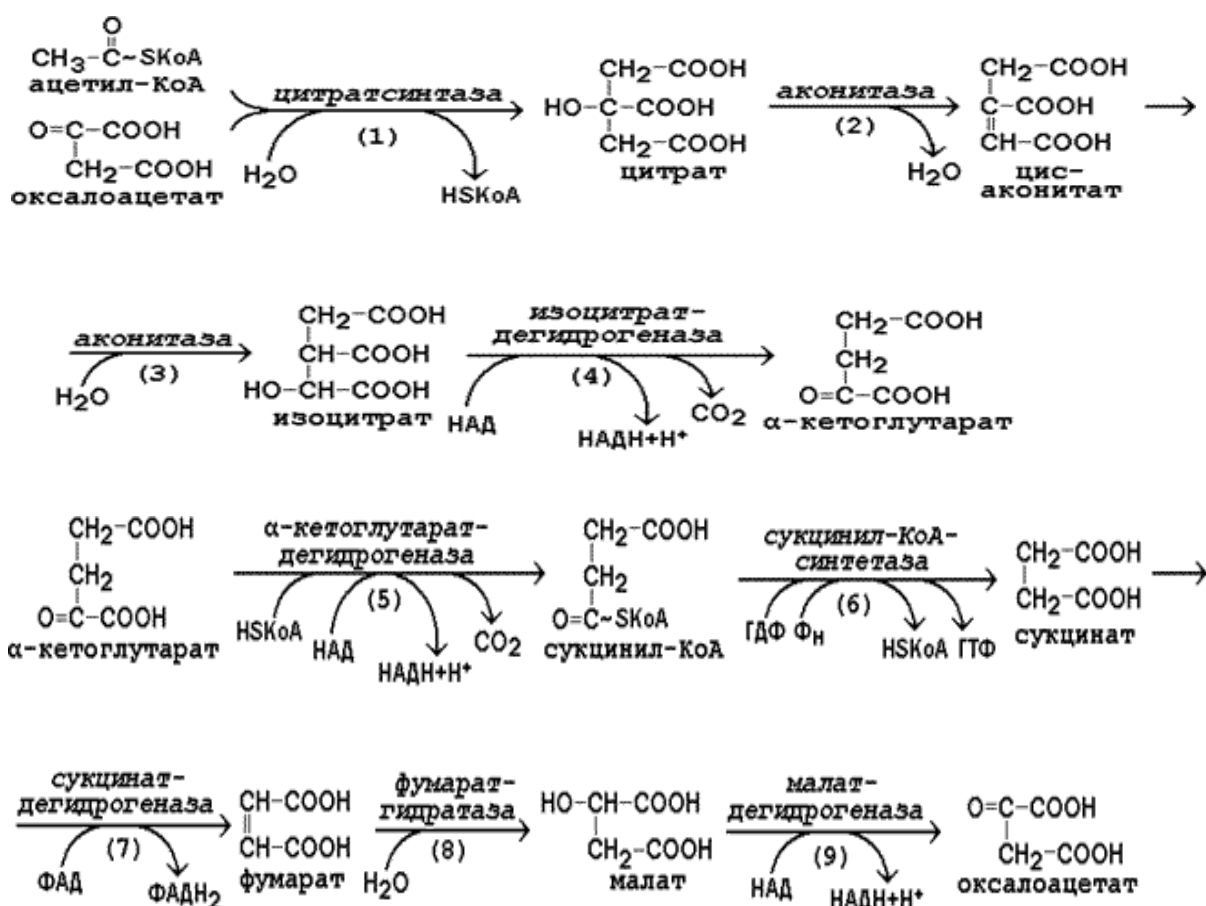
В норме у здоровых животных преобладает аэробный распад глюкозы до CO_2 и H_2O . Аэробные процессы могут идти прямым (пентозофосфатный путь) или косвенным путем через ЦТК. В последнем сложном процессе можно условно выделить 3 этапа:

1 этап: Глюкоза расщепляется до двух молекул ПВК (как и в анаэробном распаде), включает 10 реакций. Затраты в 1 и 3 реакции две молекулы АТФ. Образуется АТФ в 7 и 10 реакции по 2 АТФ, в 6 - 2 НАД. $\text{H}_2 = 3 \text{ АТФ} \cdot 2 = 6 \text{ АТФ}$. Выход АТФ = 8 АТФ.

2 этап: Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты, происходит несколько стадий при участии сложного пируватдегидрогеназного комплекса фермента. Энергетика: $2 \text{ НАД.Н}_2 = 2 \times 3 = 6 \text{ АТФ}$:



3 этап: Цикл трикарбоновых кислот (ЦТК, цикл лимонной кислоты или Кребса, 1953г) - это циклический, ферментативный процесс, в ходе которого ацетил-КоА подвергается дальнейшему окислению с образованием CO_2 и H_2O . Процесс происходит в митохондриях и характеризуется как общий конечный путь окисления ацетильных групп, в которые превращаются в процессе катаболизма углеводы, жирные кислоты, аминокислоты:



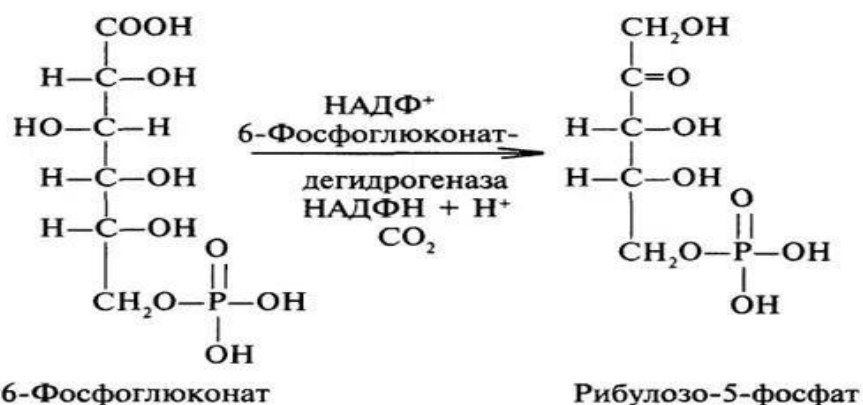
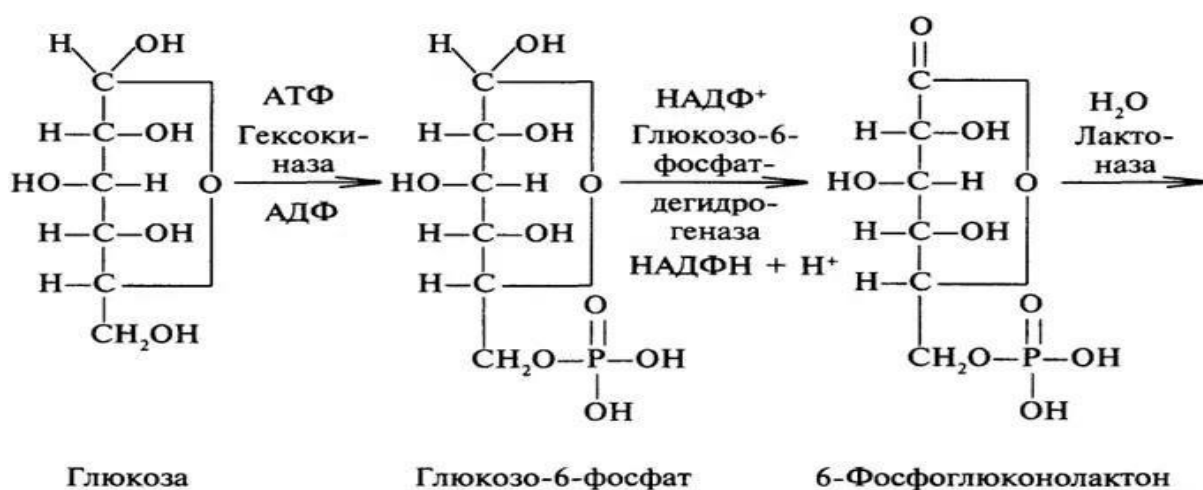
Энергетика: Из 1 молекулы ацетил-КоА в ЦТК образуется 12 молекул АТФ, а из 1 молекулы глюкозы образуется 2 ацетил-КоА, следовательно, на 3 этапе аэробного распада из 1 молекулы глюкозы образуется $2 \cdot 12 = 24$ АТФ.

В процессе аэробного распада 1 молекулы глюкозы образуется $8+6+24=38$ АТФ - для организма это энергетически выгодный процесс. Итак, высвобождение и запасание энергии составляет биологическую сущность аэробного окисления глюкозы.

14.2. Пентозофосфатный путь превращений глюкозы. Реакции. Значение

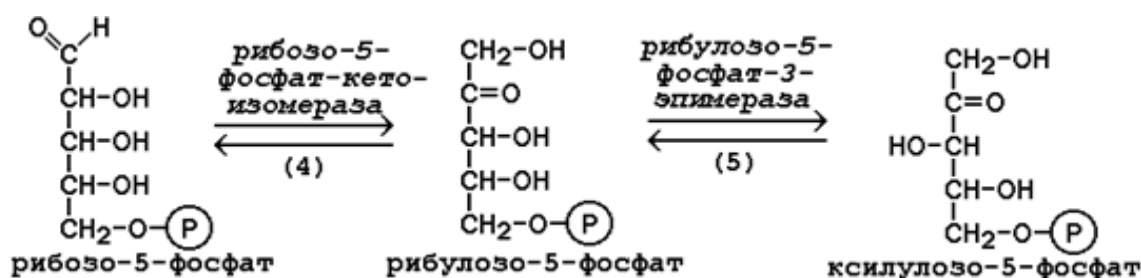
Пентозофосфатный путь, называемый также гексомонофосфатным шунтом, служит альтернативным (прямым) путём окисления глюкозо-6-фосфата без предварительного ее расщепления на триозы. Ферменты пентозофосфатного пути локализованы в цитозоле. Процесс состоит из 2 фаз:

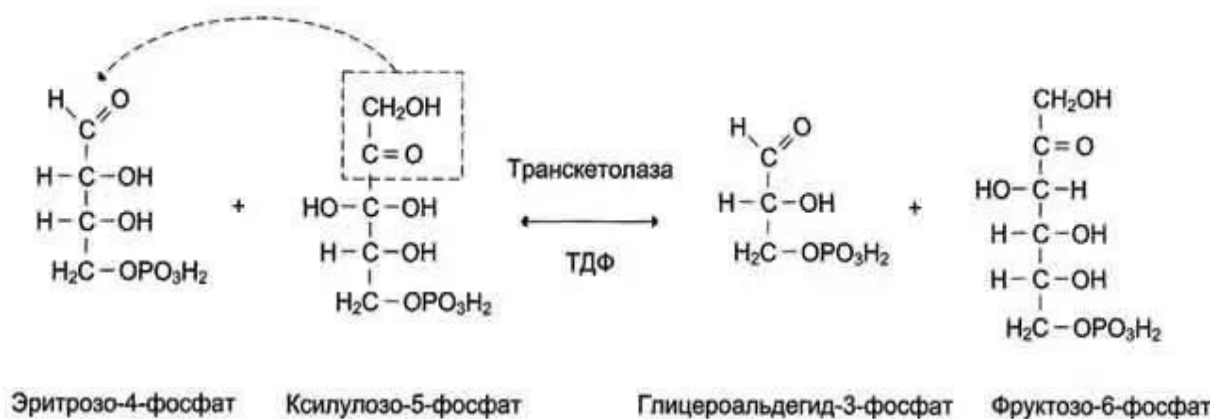
1. Окислительный этап пентозофосфатного пути. В окислительной фазе глюкозо-6-фосфат необратимо окисляется в пентозу: рибулозо-5-фосфат, при этом выделяется атомы H_2 , которые захватываются окисленным НАДФ и образуется восстановленный НАДФН₂:



Потребности клеток в восстановительных (НАДФН) эквивалентах удовлетворяются за счёт пентозофосфатного пути.

2. **Неокислительный этап** включает серию обратимых реакций, в результате которых рибулозо-5-фосфат превращается в рибозо-5-фосфат и ксилулозо-5-фосфат, и далее за счёт переноса углеродных фрагментов в метаболиты гликолиза - фруктозо-6-фосфат и глицеральдегид-3-фосфат. В этих превращениях принимают участие ферменты: эпимераза, изомераза, транскетолаза и трансальдолаза. Этот этап пентозофосфатного пути не включает реакции дегидрирования и поэтому используется только для синтеза пентоз:





Значение: Пентозофосфатный путь обеспечивает клетки рибозой для синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов и гидрированным коферментом НАДФН, который используется в восстановительных процессах. Энергия НАДФН преобразуется и сохраняется во вновь синтезированных веществах, например жирных кислотах, высвобождается при их катаболизме и используется клетками.

Наиболее активно пентозофосфатный путь протекает в жировой ткани, печени, коре надпочечников, эритроцитах, молочной железе в период лактации, семенниках.

14.3. Виды брожения углеводов

(,) — процесс анаэробного расщепления углеводов, происходящий под влиянием микроорганизмов или выделенных из них ферментов. В ходе брожения в результате сопряженных окислительно-восстановительных реакций освобождается энергия, необходимая для жизнедеятельности микроорганизмов, и образуются химические соединения, которые микроорганизмы используют для биосинтеза аминокислот, белков, органических кислот, жиров и других компонентов тела. Промежуточные продукты брожения могут использоваться в ходе клеточного дыхания. Одновременно накапливаются конечные продукты брожения. В зависимости от их характера различают брожение спиртовое, молочнокислое, маслянокислое, пропионовокислое, ацетоно-бутиловое, ацетоно-этиловое и др. Характер брожения, его интенсивность, количественные соотношения конечных продуктов, а также направление зависят от особенностей его возбудителя и условий, при которых этот процесс протекает (рН, аэрация, субстрат).

Кроме того, у позвоночных брожение используется как эффективный способ получения энергии во время коротких периодов интенсивной мышечной работы, когда перенос кислорода к мышцам недостаточен для поддержания аэробного метаболизма. В основе многих бродильных процессов лежит универсальная реакция превращения глюкозы в ПВК, из которой синтезируются различные конечные продукты. По метаболиту, образующемуся в наибольшем количестве, называют вид брожения.

Спиртовое брожение: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 \uparrow$

Механизм реакции: Пируват вначале подвергается декарбоксилированию под влиянием пируватдекарбоксилазы с образованием ацетальдегида, который присоединяет к себе водород, отщепленный от НАДН, восстанавливается в этанол и выделяется CO_2 :

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И. Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н. Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В. Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. – В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я. Николаев - М.: Высшая школа. – 1989. – 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А. Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. / Ю.Б. Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 15

ОБМЕН ЛИПИДОВ

15.1. Метаболизм липидов

Обмен липидов включает следующие основные процессы:

1. *Переваривание и всасывание.*
 2. *Внутриклеточный обмен.* Синтез жиров из глицерина и высших жирных кислот (ВЖК) начинается в печени с участием ферментов. Если в печени находится недостаточное количество аминокислот (метионина, цистеина, серина), которые являются важными компонентами для образования лецитина и кефалина, то жиры откладываются в печени, начинается процесс её жирового перерождения (при норме 3-5% жира откладывается 15-20%).
- В плазме крови транспортом жиров из печени в периферические части органов и тканей являются хиломикроны, там начинается процесс распада и окисления продуктов гидролиза (глицерина и ВЖК). Важное значение в обмене также имеет холестерин, который поступает в организм с животными жирами.
3. *Образование конечных продуктов* жирового обмена: H_2O , CO_2 , низкомолекулярные жирные кислоты, кетоновые тела.

15.2. Переваривание и всасывание жиров в ЖКТ

Для переваривания липидов в желудочно-кишечном тракте необходимы:

1. Липолитические ферменты (липаза) и оптимальные условия для ферментативной её деятельности (рН – 7,8-8,2).
2. Эмульгаторы – желчные кислоты - вещества, снижающие поверхностное натяжение и препятствующие склеиванию частиц жира. Расщеплению подвергаются только эмульгированные жиры.

В ротовой полости и желудке переваривание жиров не происходит, т.к. здесь нет липолитических ферментов. Основное место переваривания жиров - тонкий кишечник. Поджелудочная железа и клетки слизистой оболочки кишечника секретируют большую группу липолитических ферментов, а слабощелочная среда обеспечивает их высокую активность. Под действием перистальтики кишечника, эмульгатора – *желчи* и фермента – *липазы* жиры гидролизуются (40%) до глицерина, ВЖК, холина, коламина и фосфорной кислоты, а 50-57% - до моноглицеридов с одной жирной кислотой.



Механизм действия жёлчных кислот: в просвете кишечника желчные кислоты соединяются в мицеллы – мелкие капельки, наружная часть которых образована гидрофильными частицами этих кислот, а внутренняя часть – гидрофобными. Жирные кислоты, образованные при распаде жиров, холестерин и другие жирорастворимые вещества проникают во внутреннюю часть мицеллы и в ее составе всасываются в клетки. Здесь мицеллы распадаются. При этом желчные кислоты всасываются в кровь и поступают в печень, где вновь включаются в состав желчи. Выделяясь с желчью в кишечник, они вновь образуют мицеллы для всасывания новых порций жиров. В результате такого круговорота небольшое количество желчных кислот обеспечивает всасывание достаточного количества жиров.

Следует отметить, что ресинтез нейтральных жиров начинается в слизистой кишечника. Эти жиры формируют жировое депо, откладываясь в сальнике, подкожной клетчатке:



Дальнейший путь липидов связан с образованием хиломикронов, которые благодаря большим размерам (0,1-5 мкм) не способны проникать из эндотелиальных клеток кишечника в кровеносные капилляры. Хиломикроны, захватив определенное количество липидов, поступают сначала в лимфу, а затем в кровь.

Открыл Ф. Кнооп в 1904 г. Он высказал предположение, что окисление молекулы жирной кислоты в тканях организма происходит в β -положении. В результате происходит последовательное отщепление от молекулы жирной кислоты двууглеродных фрагментов со стороны карбоксильной группы. Окисление происходит в митохондриях клетки при участии мультиферментного комплекса.

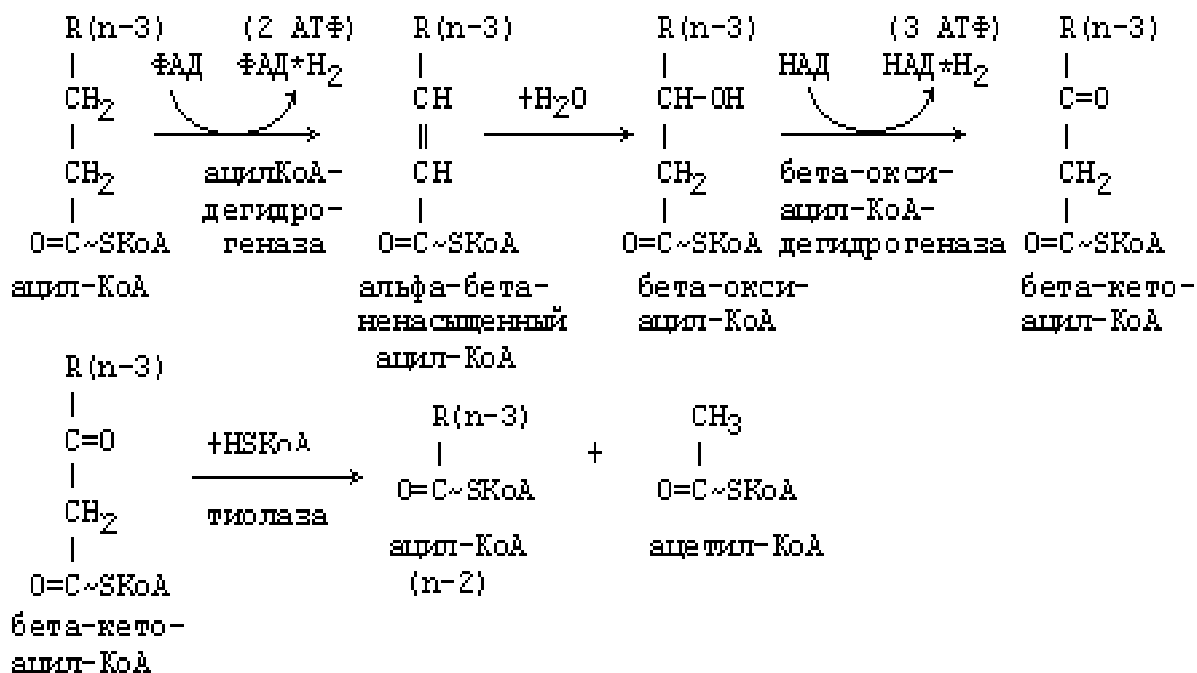
$$\text{R-COOH} + \text{HS-KoA} + \text{ATP} \xrightarrow[\text{Ацил-КоА-синтетаза}]{} \text{R-CO-S-KoA} +$$
$$+ \text{AMP} + \text{PP}_i.$$

64



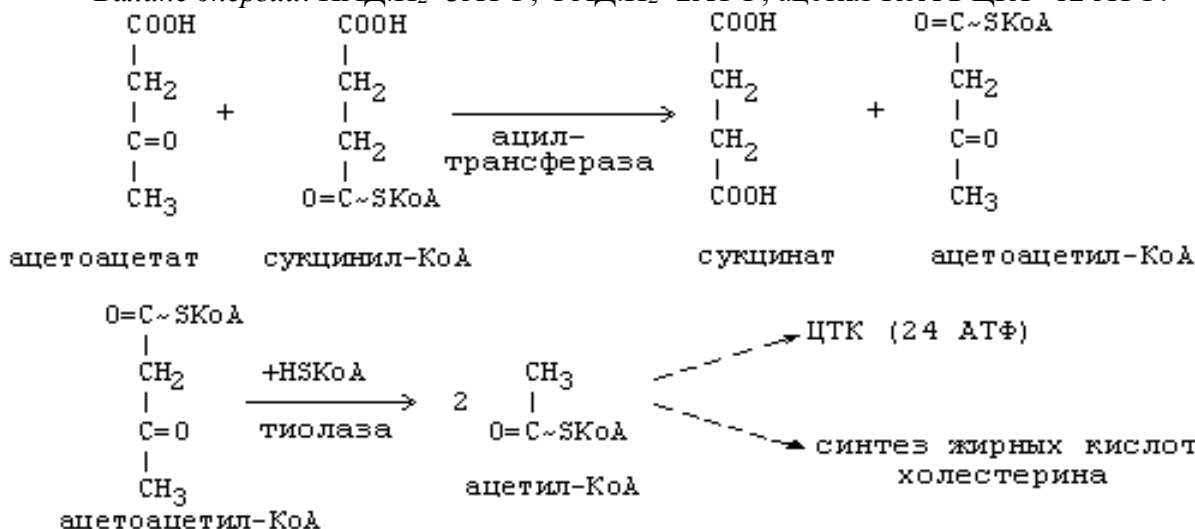
3. Реакция – после прохождения ацилкарнитина через мембрану митохондрий происходит обратная реакция: *Ацилкарнитин + HS-KoA ↔ Ацил-KoA + карнитин*

При этом карнитин возвращается в цитоплазму клеток, а ацил-KoA подвергается в митохондриях окислению:



Далее ацетил-KoA, подвергается окислению в ЦКТ, а ацил-KoA, укоротившийся на 2 углеродных атома, снова многократно проходит весь путь окисления кислот до образования бутирил-KoA ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CO-SKoA}$), который окисляется до двух молекул ацетил-KoA.

Баланс энергии: НАД·Н₂=3АТФ; ФАД·Н₂=2АТФ; ацетил-KoA в ЦКТ=12 АТФ.



Другими словами, при окислении жирной кислоты содержащей *n* углеродных атомов, происходит $[n/2-1]$ циклов β-окисления, т.е. на 1 цикл меньше, чем $n/2$, т.к. при окислении бутирил-KoA происходит образование 2 молекул ацетил-KoA, а не 1, как в предыдущих.

Например, суммарное уравнение β -окисления, пальмитоил-КоА (16:2-1=7 циклов) может быть представлено таким образом:



Следовательно, при полном окислении пальмитиновой кислоты образуется: $8 \cdot 12 + 7 \cdot 2 + 7 \cdot 3 = 96 + 14 + 21 = 131$ АТФ. Однако, с учетом 1 молекулы АТФ потраченной в самом начале на образование активной формы пальмитиновой кислоты, общий выход энергии: $131 - 1 = 130$ АТФ.

Во многих тканях окисление жирных кислот - важный источник энергии. Это ткани с высокой активностью ферментов ЦТК и дыхательной цепи: клетки красных скелетных мышц, сердечная мышца, почки. Эритроциты, в которых отсутствуют митохондрии, не могут окислять жирные кислоты. Жирные кислоты не служат источником энергии для мозга и других нервных тканей, так как жирные кислоты не проходят через гематоэнцефалический барьер, как и другие гидрофобные вещества.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Биологическое значение сложных липидов. Классификация липопротеинов и их функции.
- 2) Переваривание и всасывание липидов в желудочно-кишечном тракте.
- 3) Жёлчные кислоты и механизм их действия.
- 4) Основные процессы метаболизма липидов.
- 5) Промежуточный обмен (β -окисление) жирных кислот. Реакции, энергетика и значение процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных / А.И. Кононский. - М.: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калюжный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 16

МИНЕРАЛЬНЫЙ И ВОДНЫЙ ОБМЕН

16.1. Минеральные вещества и их обмен

Минеральный обмен — совокупность процессов всасывания, распределения, усвоения и выделения минеральных веществ, находящихся в организме.

Минеральные вещества — биогенные химические элементы, которые образуют как органические, так и неорганические вещества. Играют главную роль в поддержании кислотно-щелочного равновесия, осмотического давления клеточных и внеклеточных жидкостей, участвуют в водно-солевом обмене, системе свертывания крови, регуляции многочисленных ферментных систем и др., то есть имеют решающее значение в создании и поддержании постоянства внутренней среды организма.

В живых организмах выявлено около 70 химических элементов, 47 из них присутствуют в их тканях постоянно. Больше всего минеральных веществ содержится в костях (48-74% общей массы) и хрящах (2-10%). В тканях и клетках организма они могут быть в свободном и связанном состоянии. Так, в костях, хрящах находятся в виде неорганических солей угольной, ортофосфорной и др. кислот. В крови, лимфе, молоке, пищеварительных соках многие из минеральных веществ содержатся в свободном состоянии и входят в биоорганические соединения.

Минеральные вещества, находящиеся в свободном состоянии, организм усваивает без предварительной обработки, а в связанном состоянии — только после расщепления ферментами пищеварительного канала. Часть минеральных веществ всасывается в желудке, основная масса — в тонком кишечнике, частично в толстом.

Минеральные вещества частично остаются в крови и лимфе, большинство их откладываются в органах, тканях и используются клетками на нужды организма. В организме происходит непрерывный обмен минеральных веществ.

Продукты конечного обмена минеральных веществ выделяются с мочой, потом и калом, у самок с молоком. Через почки выводятся ионы Na^+ , K^+ , Cl^- , I^- , через кишечник — ионы Ca^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mg^{2+} и др. Моча содержит не более 2% солей.

Минеральный обмен регулируется центральной нервной системой и железами внутренней секреции. В частности, паратгормон регулирует обмен кальция, магния и фосфора. Минералокортикоиды коры надпочечников участвуют в регуляции обмена кальция и натрия, а также выделения их избытка с мочой. Альдостерон регулирует распределение ионов натрия и калия между плазмой крови и клетками. Под влиянием антидиуретического гормона задней доли гипофиза уменьшается выделение мочи из организма и происходит задержка минеральных веществ в органах, тканях и клетках. Половые гормоны стимулируют диурез и способствуют выделению избытка минеральных веществ из организма. На обмен кальция и фосфора влияет также наличие витамина Д.

16.2. Значение и обмен отдельных химических элементов (макро- и микроэлементов)

Если массовая доля элемента в организме превышает $10^{-2}\%$, то его следует считать макроэлементом. Доля микроэлементов составляет в организме 10^{-3} — $10^{-5}\%$. Если содержание элемента ниже $10^{-5}\%$, то его считают ультрамикроэлементом.

Макроэлементы. *Кальций* - основной структурный компонент костей и зубов; входит в состав ядер клеток, клеточных и тканевых жидкостей, участвует в регуляции порозности эндотелия сосудов, в создании структуры костной ткани, в свертывании крови. Он снижает возбудимость нервной системы, стимулирует деятельность сердечной мышцы, понижает проницаемость клеточных мембран, уменьшает способность коллоидов связывать воду, участвует в регуляции деятельности многих ферментов.

Фосфор входит в состав всех тканей организма, особенно мышц и мозга. Этот элемент принимает участие во всех процессах жизнедеятельности организма – синтезе и расщеплении веществ в клетке, регуляции обмена веществ, входит в состав нуклеиновых кислот и ряда ферментов, необходим для образования АТФ. В тканях организма фосфор содержится в виде фосфорной кислоты и ее органических соединений.

Магний необходим для активности ряда ключевых ферментов, обеспечивающих метаболизм организма. Он участвует в иммунобиологических процессах, поддержании нормальной функции нервной системы и мышцы сердца, оказывает сосудорасширяющее действие, повышает двигательную активность кишечника.

Калий. Около 90% калия находится внутри клеток. Он вместе с другими солями участвует в поддержании осмотического давления, передаче нервного импульса, регуляции водно-солевого обмена, сокращений сердечной мышцы, входит в состав буферных систем крови, активирует деятельность многих ферментов, является составной частью натрий-калиевого насоса клетки.

Натрий. Его обмен тесно связан с обменом калия. Он является составной частью буферных систем, участвует в создании осмотического давления в клетках организма и биологических жидкостях, повышает активность пищеварительных ферментов, в поддержании кислотно-щелочного равновесия и проведении нервных импульсов. Обмен натрия регулируется альдостероном.

Хлор служит компонентом для образования соляной кислоты железами желудка. Является активатором амилазы и полипептидазы, поэтому участвует в образовании желудочного сока, формировании плазмы, активирует ряд ферментов.

Сера – составная часть многих белков (входит в виде серосодержащих аминокислот) глутатиона, коэнзима А, желчных кислот, сульфатидов. Участвует в биосинтезе кератинов шерсти, многих белков, гормонов, желчных кислот. Окисляясь, превращается в серную кислоту, которая используется клетками печени для нейтрализации токсических продуктов в виде парных соединений – фенолсерной кислоты, животного индикана. Наряду с кремнием и цинком определяет функциональное состояние кожи.

Микроэлементы. **Йод** необходим для синтеза гормонов щитовидной железы (тироксин, ди- и трийодтиронин). Обмен йода регулируется тиреотропином.

Фтор участвует в образовании опорных тканей, особенно костной и зубной.

Железо необходимо для биосинтеза соединений, обеспечивающих дыхание, кроветворение (железосвязывающая способность сыворотки крови); участвует в иммунобиологических и окислительно-восстановительных реакциях, входит в состав ряда ферментов. Он в основном сосредоточен в гемоглобине, ферритине, гемосидерине, миоглобине, цитохромах, каталазе, трансферринах и других соединениях.

Цинк – составная часть металлоэнзимов (дегидрогеназ, фосфатаз, альдолаз), является активатором и ингибитором многих ферментов. Входит в состав молекулы инсулина, активирует действие адреналина, тестостерона, фолликулина, антидиуритического и гонадотропного гормонов. С наличием цинка связан обмен белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов, иммунитет. Вместе с серой участвует в процессах роста и обновления кожи и шерсти. Обмен цинка регулируется щитовидной железой.

Кобальт входит в состав многих ферментов, активирует процессы кроветворения, ускоряет рост, синтез нуклеиновых кислот и мышечных белков.

Медь входит в состав белков печени, красного костного мозга, плаценты, молока, пигментов, ферментов. При недостатке меди крупный рогатый скот болеет «лизухой». У животных нарушаются пигментный обмен, обмен железа (снижаются его всасывание и утилизация), фосфолипидов (происходит демиелинизация нервных стволов), активность остеобластов, образование эластической ткани кровеносных сосудов, т.к. медь необходима для синтеза коллагена и эластина.

Марганец активирует многие ферментативные системы, он необходим для эритропоэза и образования гемоглобина. Стимулируя синтез холестерина и жирных кислот, марганец тем самым проявляет липотропное действие.

Селен обладает антиоксидантными свойствами, принимает участие в окислительном фосфорилировании и др.

16.3. Характеристика водно-солевого обмена

Водно-солевой обмен — совокупность процессов поступления воды и солей (электролитов) в организм, их всасывания, распределения во внутренних средах и выделения. В организме $\frac{2}{3}$ общего количества воды приходится на внутриклеточную жидкость и $\frac{1}{3}$ — на внеклеточную. Часть внеклеточной воды находится в сосудистом русле (около 5% от массы тела), большая же часть внеклеточной воды находится вне сосудистого русла, это межклеточная (интерстициальная), или тканевая, жидкость (составляет около 15% от массы тела). Кроме того, различают *свободную воду* и *связанную воду* (вода, удерживаемая коллоидами в виде так называемой воды набухания), и *конституционную (внутримолекулярную) воду*, входящую в состав молекул белков, жиров и углеводов и освобождающуюся при их окислении. Разные ткани характеризуются различным соотношением свободной, связанной и конституционной воды. За сутки вода выводится почками, кишечником, с потом и испарением через кожу, и с выдыхаемым воздухом.

Системы регуляции водно-солевого обмена обеспечивают поддержание общей концентрации электролитов (натрия, калия, кальция, магния) и ионного состава внутриклеточной и внеклеточной жидкости на одном и том же уровне. В плазме крови концентрация ионов (Na, K, Ca, Mg, Cl, бикарбонатного HCO_3^- иона, сульфатного SO_4^{2-} , неорганического фосфата) поддерживается с высокой степенью постоянства. По сравнению с плазмой крови и межклеточной жидкостью клетки отличаются более высоким содержанием ионов калия, магния, фосфатов и низкой концентрацией ионов натрия, кальция, хлора и ионов бикарбоната. Различия в солевом составе плазмы крови и тканевой жидкости обусловлены низкой проницаемостью капиллярной стенки для белков. Точная регуляция этого обмена у здоровых животных позволяет поддерживать не только постоянный состав, но и постоянный объем жидкостей тела, сохраняя практически одну и ту же концентрацию осмотически активных веществ и кислотно-щелочное равновесие.

Регуляция водно-солевого обмена осуществляется при участии нескольких физиологических систем. Сигналы, поступающие от специальных неточных рецепторов, реагирующих на изменение концентрации осмотически активных веществ, ионов и объема жидкости передаются в ЦНС, после чего выделение из организма воды и солей и их потребление организмом меняется соответствующим образом. Так, при увеличении концентрации электролитов и уменьшении объема циркулирующей жидкости (гиповолемии) появляется чувство *жажды*, а при увеличении объема циркулирующей жидкости (гиперволемии) оно уменьшается. Увеличение объема циркулирующей жидкости за счет повышенного содержания воды в крови (гидремия) может быть компенсаторным, возникающим после массивной кровопотери. Гидремия представляет собой один из механизмов восстановления соответствия объема циркулирующей жидкости емкости сосудистого русла. Патологическая гидремия является следствием нарушения водно-солевого обмена (при почечной недостаточности). Выведение воды и ионов электролитов почками контролируется нервной системой и рядом гормонов. В регуляции участвуют и вырабатываемые в почке физиологически активные вещества — производные витамина D₃, ренин, кинины и др.

Состояние водно-солевого обмена в значительной степени определяет содержание ионов Cl⁻ во внеклеточной жидкости. Из организма ионы хлора выводятся в основном с мочой. Количество экскретируемого хлорида натрия зависит от режима питания, активной

реабсорбции натрия, состояния канальцевого аппарата почек, кислотно-щелочного состояния и др. Обмен хлоридов тесно связан с обменом воды: уменьшение отеков, рассасывание транссудата, многократная рвота, повышенное потоотделение и др. сопровождаются увеличением выведения ионов хлора из организма.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Минеральные вещества. Их содержание в организме и основные функции.
- 2) Метаболизм минеральных веществ в организме. Регуляция обмена.
- 3) Значение и обмен отдельных макроэлементов (Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S).
- 4) Значение и обмен отдельных микроэлементов (I, F, Fe, Zn, Co, Cu, Mn, Se).
- 5) Характеристика водно-солевого обмена. Механизм регуляции и значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М.: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М.: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

Лекция 17

Биохимия крови. Биохимия мышечной ткани

17.1. Общая характеристика и функции крови

Кровь является жидкой тканью, которая осуществляет связь в организме между отдельными органами и тканями. Состоит из жидкой части – плазмы и форменных элементов: эритроциты, лейкоциты и тромбоциты. Плазма, лишенная белка –

фибриногена, называется *сывороткой крови*. Количество крови у млекопитающих и птиц составляет 8-15% массы.

Благодаря работе сердца кровь циркулирует по замкнутой системе кровеносных сосудов и осуществляет транспорт различных химических веществ. Она переносит кислород из лёгких к тканям и углекислый газ из тканей в лёгкие в составе гемоглобина эритроцитов (*дыхательная функция*); доставляет продукты переваривания пищи из кишечника в ткани (*трофическая функция*); уносит конечные продукты обмена из тканей в выделительные органы – легкие, почки, кишечник, кожа (*выделительная функция*); перемещает промежуточные продукты обмена веществ, использование и синтез которых происходит в разных органах.

Кровь участвует в регуляции обмена веществ, доставляя сигнальные молекулы (гормоны) от органов внутренней секреции к тканям-мишеням (*регуляторная функция*).

Защитная функция крови имеет две стороны. Во-первых, в ней содержатся клеточные (лейкоциты) и гуморальные элементы иммунного реагирования (антитела), которые защищают организм от любой чужеродной молекулы. Во-вторых, это способность крови свёртываться, т.е. она осуществляет транспортировку факторов свертывания крови.

Кровь *поддерживает кислотно-щелочной и водный баланс* организма. В норме pH крови имеет слабощелочную реакцию и составляет: у лошади - 7,2-7,6; коровы – 7,3-7,5; м.р.с – 7,4-7,6; свиньи – 7,85-7,95. Сохранение постоянства pH является важнейшей задачей, так как в кровь выделяется большое количество кислых (лактат, кетоновые тела, угольная кислота), а также основных (аммиак) продуктов метаболизма. Регуляцию pH осуществляют буферные системы крови (гидрокарбонатная, фосфатная, белковая, гемоглобиновая и оксигемоглобиновая, кислотная).

Выполняя *терморегуляторную функцию*, кровь поддерживает постоянство температуры тела в разных его частях.

Химический состав растворимых в плазме крови веществ относительно постоянен, так как существуют мощные нервные и гуморальные механизмы, поддерживающие гомеостаз (*постоянство внутренней среды*). Растворимые вещества плазмы составляют около 10% массы крови, из них на долю белков приходится около 7%, на долю неорганических солей - 0,9%, остальную часть образуют небелковые органические соединения.

Кровь связана со всеми тканями организма, поэтому возникновение патологического процесса в каком-либо органе приводит к изменению биохимических показателей крови. Эта информация может быть ценной при постановке диагноза и оценке эффективности лечебных мероприятий. Для биохимических исследований используют венозную кровь, сыворотку и плазму, артериальную и капиллярную кровь. На показатели крови также влияет правильность взятия крови. Для получения плазмы, в пробирку заранее добавляют соответствующий антикоагулянт.

17.2. Химический состав крови

Химический состав крови отражает состояние обмена веществ в организме. Здоровые животные имеют постоянный биохимический состав крови. Это постоянство поддерживается за счет регулирующих механизмов (центральная нервная система, гормональная система), обеспечивающих четкую взаимосвязь в работе органов и тканей. Поэтому случайные колебания в составе крови в здоровом организме быстро выравниваются.

Плазма крови составляет 55-60% общего объема крови и на 90% состоит из воды. Сухой остаток составляют органические (9%) и минеральные (1%) вещества. Основой органических веществ являются *белки*, большинство которых синтезируется в печени и можно условно разделить на альбумины (55-65%), глобулины и фибриноген (белки плазмы, которые остались после удаления фибриногена называются *сывороточными белками*).

Белки плазмы крови выполняют множество функций: поддерживают осмотическое давление, так как они связывают воду и удерживают её в кровеносном русле; образуют важнейшую (гидрокарбонатную и гемоглибиновую) буферную систему крови и поддерживают рН; выполняют транспортную и защитную функции; определяют вязкость крови и, следовательно, играют важную роль в гемодинамике кровеносной системы; являются резервом аминокислот для организма.

Альбумин. Концентрация альбумина в крови составляет 40-50 г/л. В сутки в печени синтезируется около 12 г альбумина. Состоит он из 585 аминокислотных остатков, имеет 17 дисульфидных связей. Молекула альбумина содержит много дикарбоновых аминокислот, поэтому может удерживать в крови катионы Ca^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} . Около 40% альбумина содержится в крови и остальные 60% в межклеточной жидкости, однако его концентрация в плазме выше, чем в межклеточной жидкости, поскольку объём последней превышает объём плазмы в 4 раза. Альбумин - важнейший транспортный белок. Он транспортирует свободные жирные кислоты, билирубин, Ca^{2+} , Cu^{2+} , триптофан, тироксин и трийодтиронин.

Транстиретин называют тироксинсвязывающим преальбумином, относят к фракции альбуминов, он имеет тетрамерную молекулу. Он способен присоединять в одном центре связывания ретинолсвязывающий белок, а в другом - до двух молекул тироксина и трийодтиронина.

Глобулины делятся на три фракции: α -глобулины (подфракции: α_1 -глобулины (2-4%) и α_2 -глобулины (6-12%)), β -глобулины (8-12%) и γ -глобулины (12-22%).

α - и β -глобулины участвуют в транспортировании к клеткам липидов, стероидных гормонов, жирорастворимых витаминов. Часть этих белков синтезируется в печени, часть - в клетках ретикулоэндотелиальной системы. В состав α -глобулинов входят некоторые ферменты, мукопротеины, протромбин и др.

Фракция α -глобулинов включает:

- α_1 -**Антитрипсин** относят к α_1 -глобулинам. Он ингибирует ряд протеаз, в том числе фермент эластазу, освобождающийся из нейтрофилов и разрушающий эластин альвеол лёгких.

- **Гаптоглобин** составляет примерно четверть всех α_2 -глобулинов. Гаптоглобин при внутрисосудистом гемолизе эритроцитов образует комплекс с гемоглибином, который разрушается в клетках РЭС. Образование такого комплекса предотвращает потери организмом железа, содержащегося в гемоглибине.

Фракция β -глобулинов включает трансферрины, антигемофильный глобулин и др.

γ -Глобулины - белковая фракция сыворотки крови, содержащая специфические белки - антитела. По иммунологическому действию антитела могут быть *лизинами* (растворять чужеродные клетки), *антитоксинами* (нейтрализовать токсины), *преципитинами* (образовывать осадки с антигенами) и др. Большинство γ -глобулинов образуется в лимфоидных и плазматических клетках РЭС, селезенке, лимфоузлах и костном мозгу.

При ряде заболеваний происходит изменение соотношения распределения белковых фракций при электрофорезе по сравнению с нормой. Такие изменения называют *диспротеинемиями*.

Небелковые азотистые вещества плазмы и сыворотки крови.

Эти вещества называют остаточным азотом, содержание которых составляет 0,02-0,06%. В состав остаточного азота входят мочевины, аминокислоты, мочевины, креатин, креатинин, полипептиды. Полипептиды образуют кининовую систему, которая регулирует кровоток, проницаемость стенок сосудов и свертываемость крови.

Безазотистые вещества:

Углеводы. В крови в свободном и связанном с белками состоянии находятся глюкоза (40% от общего содержания углеводов), фруктоза, а также гликоген, глюкозамин, фосфаты моносахаридов и другие продукты промежуточного обмена углеводов, например, молочная кислота.

Липиды. Находятся (до 0,7% и более) в свободном и связанном с белками состоянии (общие липиды, холестерин, фосфолипиды, триглицериды).

Ацетоновые тела (β -оксимасляная, ацетоуксусная, ацетон). Содержание их в плазме к.р.с. колеблется от 0,001 до 0,005%. Возрастает при кетозах, родильном порезе, сахарном диабете, и т.д. (ацетонемия, токсикозы, ацетонурия).

Витамины. Содержатся многие провитамины и витамины (каротин, ретинол, витамин С и др.).

В крови содержатся различные *минеральные вещества*, которые участвуют в поддержании осмотического давления, pH среды, служат активаторами и ингибиторами ферментов, являются строительным материалом для органов и тканей, участвуют в защитных реакциях организма.

17.3. Общая характеристика и состав мышечной ткани

Мышечная ткань составляет 40-42% от массы тела животного. Различают три основных типа мышечной ткани: поперечнополосатую, сердечную и гладкую. Основная функция – обеспечить подвижность путем сокращения и последующего расслабления (движение, дыхание, пищеварение, кровообращение, выделение, размножение). При сокращении мышц осуществляется работа, связанная с превращением химической энергии в механическую. Структурной и функциональной единицей мышечной ткани является *мышечное волокно*, эти волокна, объединяясь, образуют мышечные пучки, из которых образуются индивидуальные мышцы. Каждое волокно окружено сарколеммой (белково-липидной природы), в которой находятся нервные окончания. Под сарколеммой находится саркоплазма, где сосредоточены саркоплазматическая сеть, митохондрии, рибосомы, лизосомы, миофибриллы и др. Миофибриллы – сократительный компонент волокна, основой которых являются протофибриллы – тонкие и толстые белковые нити. Толстые нити состоят из белка – миозина, их длина 1500 нм, диаметр 10-15 нм. Тонкие нити – из актина: соответственно 1000 и 5-8 нм.

Химический состав. В скелетных мышцах теплокровных животных содержится 72-80% воды и 20-28% сухого остатка, который в основном состоит из белков. Различают белки саркоплазмы, миофибрилл и мышечной стромы.

Белки саркоплазмы: *миоген* – 30% от общей массы мышечного волокна – гетерогенная фракция белковых мышц: миоген А – обладает свойствами фермента альдолазы (реакции гидролиза), миоген В – ферментативно неактивен;

- *миоглобин* (2%) – красный дыхательный пигмент мышечной ткани, осуществляет перенос кислорода к окислительным системам клеток. Активной частью является гем. Миоглобин с кислородом образует оксимиоглобин, с которым связывается до 14% всего кислорода;

- *глобулин X* (20%) – гетерогенный белок, который остается в мышечной ткани после выделения миогеновой фракции. Обладает ферментативными свойствами;

- *миоальбумин* – им богаты мышцы эмбрионов и гладкие мышцы;

Белки миофибрилл: *миозин* (40%) – это глобулин, обладающий АТФ-азной активностью и дает возможность энергию АТФ превращать в механическую работу мышечного сокращения, влияет на физические свойства миозиновых нитей.

- *актин* (14%) – существует в глобулярной и фибриллярной форме.

- *актомиозин* – комплекс, который образуется актином и миозином, основной сократительный белок, обладающий способностью сжиматься под влиянием АТФ и при наличии ионов K^+ и Mg^{2+} , при этом вытесняется вода, уменьшается частица белка, после чего она распадается на актин и миозин. Взаимодействие актомиозина с АТФ – основа мышечного сокращения.

- водорастворимый и водонерастворимый *тропомиозин* (4-11%) – по свойствам сходен с миозином, в составе имеет остатки глутаминовой кислоты, лизина и аланина.

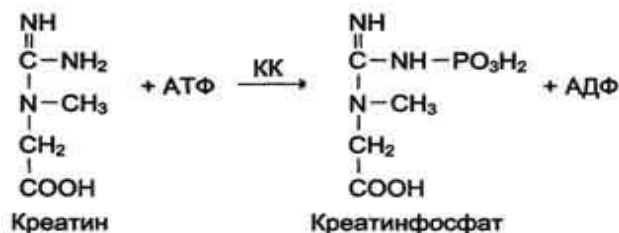
Белки мышечной стромы (15-20%). К ним относят соединительно-тканевые белки, в

состав которых входят структурные белки (коллаген, эластин, нейрокератин) и ферментативные (АТФ-аза, АМФ-аминогидролаза) белки.

Экстрактивные вещества мышечной ткани - органические и минеральные соединения, которые хорошо экстрагируются водой из измельченной мышечной ткани.

Органические соединения делят на:

1. Азотистые экстрактивные вещества (1% от общей массы мышц, содержание небелкового азота в мышце 0,3-0,9%). К ним относятся: - *креатин и креатинфосфат*. Креатин содержится в мышце от 0,2-0,6%, причем 50% в виде креатинфосфата. Образуется (в печени и почках) креатин из 3 аминокислот (глицина, аргинина и метионина), затем поступает с кровью в мышцы, фосфорилируется под влиянием креатинкиназы. Креатинфосфат является временным депо фосфора и энергии для биосинтеза АТФ:



- *карнозин* (0,2-0,3%) и *ансерин* (0,09-0,15%) – специфические азотистые вещества скелетной мускулатуры позвоночных, увеличивают амплитуду мышечного сокращения, сниженную утомлением.

- *пуриновые вещества*: в мышечной ткани содержатся АМФ, АДФ, НАД, НАДФ, ГТФ, УТФ и др.

- *аминокислоты*: глутаминовая кислота и глутамин – составляют 75% от всех аминокислот. Связанный аммиак в виде глутамина используется тканью для аминирования пуриновых и пиримидиновых оснований, карбоновых кислот, а его избыток с током крови поступает в печень, где из него синтезируется мочевины.

Ткань содержит также мочевины, мочевую кислоту, ксантин, тиамин, аденин, гуанин и др.

2. Безазотистые экстрактивные вещества: гликоген (3-4%) и продукты анаэробного и аэробного обмена углеводов: молочная кислота, ПВК, гексофосфатазы, глюкоза, янтарная кислота, витамин С, инозит и др.

Минеральные вещества мышечной ткани: богата ионами K^+ , Na^+ , ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} сконцентрированы внутри мышечных волокон. Ионы Fe^{3+} входят в состав миоглобина. Также содержит свободный и связанный фосфор, ионы кобальта, хлора.

Лекция 18

Биохимия печени и почек

18.1. Функции и химический состав печени

Печень – крупная дольчатая железа, выполняющая одновременно функции органа пищеварения, обезвреживания ядовитых продуктов, кровообращения и обмена веществ. Она составляет 1,0-2,5% общей массы организма животного. Капиллярная сеть печени имеет достаточно большую поверхность (у человекообразной обезьяны до 400 м²), что обеспечивает прохождение через нее большого количества крови в сутки (до 2100 литров). Ткани печени обладают высокой степенью регенерации. Так, после хирургического удаления $\frac{3}{4}$ органа у собак и кошек восстановление в прежних размерах происходит через 30-40 суток.

Основные функции печени:

1. Участие в углеводном, белковом, жировом, пигментном, витаминном и минеральном обмене. Так, в печени происходят такие процессы, как гликолиз, синтез гликогена, белков, гемоглобина, аминокислот, мочевины, жиров, жирных кислот, распад белков, углеводов, жиров. Она поддерживает определенное содержание глюкозы, поступающей в печень из тонкой кишки с током крови (3% глюкозы превращается в гликоген, до 30% - в жирные кислоты, 50% - источник энергии) При недостатке глюкозы в крови в тканях печени происходит глюконеогенез – синтез углевода из не углеводистых соединений.

Печень - главный орган биосинтеза фосфатидов. Часть их используется печенью для процессов физиологической регенерации, основная часть с током крови доставляется к органам и тканям. Также активно протекают: распад и синтез жиров, обмен стероидов и стеридов.

В печени синтезируется половина всех белков организма: 100% альбуминов и 80% глобулинов крови, весь фибриноген, протромбин и др. Белки печени полностью обновляются в течение недели (в других органах – за 17 суток и больше).

2. Печень – основной орган, в котором происходит обезвреживание аммиака и других ядовитых продуктов.

3. Экскреторная и желчеобразовательная. В печени протекает активный водно-солевой обмен. Так, избыток воды, поступающей из крови используется для образования лимфы и желчи. Желчь эмульгирует жиры, активирует пищеварительные ферменты и способствует всасыванию желчных кислот. За сутки у лошади образуется до 5-6 л, у коровы – 2-6 л, у овцы – 0,3-0,4 л, у свиньи – 0,03-0,05 л.;

4. Участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия, это депо многих минеральных веществ, витаминов (А, Е, Д, К, С, В₁, В₂, В₆, В₁₂, РР, пантотеновая кислота, биотин), в ней находятся много ферментов (АСТ, АЛТ, ЛДГ, альдолаза, холинэстераза).

5. Печень регулирует оптимальную активность многих гормонов. При прохождении через ткани печени вместе с кровью, активность гормонов снижается, а их избыток разрушается ферментами.

6. Выполняет функцию кроветворения и участвует в свертывании крови.

18.2. Роль печени в обмене веществ.

Значение печени в азотистом обмене. На долю печени приходится около 13% всего белкового обмена. В печени синтезируется половина всех белков организма: 100% альбуминов и 80% глобулинов крови, весь фибриноген, протромбин и другие белки. Здесь образуется ферритин. Белки печени полностью обновляются в течение недели (в других органах – за 17 суток и больше). Материалом для образования белков служат аминокислоты и другие соединения, поступающие с током крови из пищевого канала и других органов. В печени происходит синтез многих аминокислот и их обмен.

Печень – основной орган, в котором происходит обезвреживание аммиака и других ядовитых азотистых соединений.

Значение печени в углеводном обмене. В печени происходит биосинтез и расщепление различных углеводов. Прежде всего, печень поддерживает в организме определенное содержание глюкозы, поступающей сюда из тонкой кишки с током крови. В среднем 37% глюкозы превращается в гликоген, до 30% - в жирные кислоты, 50% служат источником энергии. Эти процессы регулируются нейрогуморальными путями и самой тканью печени через активирование и ингибирование соответствующих ферментных систем. Инсулин способствует биосинтезу гликогена из моноз, адреналин и глюкагон – его распаду. В печени около 80% молочной кислоты, образовавшейся при анаэробном распаде углеводов, идёт на ресинтез гликогена. Содержание гликогена в печени колеблется в пределах 1,5-20% общей массы органа.

При недостатке глюкозы в крови и тканях печени происходит глюконеогенез. На уровень сахара в крови оказывают влияние натрий и калий. Ионы K^+ способствуют синтезу гликогена, ионы Na^+ - распаду. Их содержание в крови регулируется гормоном альдостероном. Химическая энергия углеводов освобождается при анаэробном гликогенолизе или гликолизе, в цикле трикарбоновых кислот и пентозофосфатном пути.

Значение печени в липидном обмене. Из тонкой кишки через воротную вену в печень поступают липиды, синтезированные в кишечной стенке и частично за счёт кормов. Содержание липидов здесь колеблется от 3 до 8%, а в отдельных случаях – до 30% сухого остатка. Основную массу составляют фосфатиды (около 90%).

В печени происходит распад и синтез жиров. Жирные кислоты подвергаются различным превращениям: удлинению или укорочению углеродных цепей, дегидрированию, β -окислению, использованию в качестве материала для биосинтеза молекул других липидов. Образуются жиры, свойственные для данного вида животного. Распад ВЖК начинается в печени и завершается в других органах и тканях. При болезнях печени в моче появляются ацетоновые тела.

Печень – главный орган биосинтеза фосфатидов. Часть их используется самой печенью для процессов физиологической регенерации, основная же масса с током крови доставляется к различным органам и тканям. Для образования молекулы фосфатида используются вещества, синтезированные в гепатоцитах (глицерин, ВЖК), и соединения, поступающие из кормов (холин, инозит, метионин). Особенно много фосфатидов расходуется у коров во время лактации, у домашней птицы – во время яйцекладки.

Печень – орган, где активно протекает обмен стерина и стеридов. Источник для биосинтеза холестерина – ацетил- CoA . Так, после прохождения через ткани печени жидкостей (например, крови), богатых ацетил- CoA , содержание в них холестерина возрастает до 30%. В печени из холестерина и ВЖК образуются стериды и желчные кислоты. Холестерин и стериды откладываются в купферовых клетках, после чего используются для различных нужд организма, 40% всего холестерина превращается в желчные кислоты. Избыток холестерина выделяется с мочой.

Значение печени в обмене минеральных веществ. В печени протекает активный водно-солевой обмен. Так, избыток воды, поступающей из крови, используется для образования лимфы и желчи. В печени образуется $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ всей лимфы организма. Печень участвует в поддержании кислотно-сочного равновесия организма. Она – депо для многих минеральных веществ. Минеральные вещества здесь находятся в виде солей, кислот, ионов, биоконплексных соединений. В печени депонируется в виде ферритина около 25% всего железа. Ткани печени богаты натрием, калием, кальцием, хлором, магнием и другими макро- и микроэлементами. Ткани печени богаты натрием, калием, кальцием, хлором, магнием и другими макро- и микроэлементами. Многие катионы являются активаторами ферментов. Некоторые металлы (Mg, Mn, Fe, Cu, Zn) входят в состав молекул металлоферментов печени.

Печень и обмен витаминов. Печени принадлежит важная роль в обмене витаминов. Так, жирорастворимые витамины всасываются после эмульгирования их частиц желчью. Каротины корма в печени расщепляются ферментом каротинойзой с образованием витаминов группы А. В тканях печени откладываются витамины А, Е, С, B_1 , B_2 , B_6 , РР, пантотеновая кислота, биотин, D, К, B_{12} . Они (кроме первых двух и D) используются для биосинтеза многих ферментов.

Печень и обмен гормонов. Печень регулирует оптимальную активность многих гормонов. При прохождении через ткани печени вместе с кровью активность гормонов снижается, а их избыток разрушается ферментами. В частности гормоны белкового и пептидного расщепляются здесь до аминокислот пептид-гидролазами. Тироксин инактивируется, образуя с глюкуроновой кислотой парное соединение, которое выделяется с желчью. В печени происходит инактивация андрогенов, эстрогенов и кортикостероидов с образованием глюкуроноидов и эфиров с серной кислотой

18.3. Биохимия почек и мочи

Почки – орган выделительной системы (секреторный орган), вырабатывающий из компонентов плазмы жидкость – мочу. Основная задача почек заключается в поддержании постоянства внутренней среды организма, они участвуют в регуляции водно-электролитного баланса, поддержании кислотно-основного равновесия, осмотического давления жидкостей организма, выделении азотистых шлаков, регуляции кровяного давления, стимуляции эритропоэза и т.д.

В ткани почки выделяют два слоя: внешний – корковое вещество и внутренний – мозговое. Структурно-функциональная единица почечной паренхимы – нефрон. В нефронах происходят 3 процесса: фильтрация плазмы крови в клубочках, реабсорбция части веществ из фильтрата, и секреция мочи в клетках канальцев.

Химический состав почек: 83% воды, 17% - сухой остаток: органические (до 16%) и неорганические (1%) вещества. Основа органических веществ – белки. В тканях почек крупного рогатого скота находят аминокислоты: тир, три, фен, сер, тре, оксипролин, арг, гис, лиз, цис и мет. Имеются все ферменты, нуклеиновые кислоты, липиды (2-5%: фосфатиды, сфингомиелины, жиры, сульфатиды), углеводы (1%: гликоген, частично глюкоза), минеральные вещества (1%).

Обмен веществ: 8-10% всего кислорода, поступающего в организм, поглощается почками. 90% энергетических веществ расходуется на выделительную функцию, остальные 10% - для других потребностей почек. Основным источником химической энергии – углеводы, в освобождении энергии преобладают аэробный путь и связанное с ним окислительное фосфорилирование. Часть энергии почки получают за счет распада дипидов. В тканях почек интенсивно протекает обмен белков, проходят реакции дезаминирования глутамина, других аминокислот и пуриновых производных. Часть аммиака идет на нейтрализацию неорганических и органических кислот, а часть – идет на образование гуанидин-уксусной кислоты (источник креатина).

Моча - биологическая жидкость, вырабатываемая почками, для удаления из организма конечных продуктов обмена веществ (шлаки), избыток воды и солей, токсических веществ, поступающих в организм извне или образующие в ходе метаболизма. Биохимический анализ мочи дает представление о функциональном состоянии почек, процессах обмена веществ в различных органах и организма в целом, способствует выяснению характера патологического процесса, установлению патогенеза и прогноза заболевания, позволяет судить об эффективности проводимого лечения.

рН мочи колеблется в довольно широких пределах, но как правило моча здорового животного имеет кислую реакцию, обусловленную в основном присутствием кислых фосфатов. На величину рН также влияет характер пищи. При патологических состояниях моча может содержать – белок, сахар, кровь, кетоновые тела, пигменты.

18.4 Химический состав мочи.

Моча содержит свыше 200 веществ. Иногда в ней встречаются нетипичные вещества в зависимости от природы кормов, состава воды, воздуха, употребления лекарств и др. Моча состоит из воды (96%) и сухого остатка (4%). В сухой остаток входят неорганические (1,5%) и органические (2,5%) вещества.

Неорганические составные части мочи. В моче содержатся соли натрия, калия, магния, аммония и других катионов с соляной, фосфорной, серной и другими минеральными кислотами. Часть катионов находится в составе органических соединений. Минеральный состав мочи изменяется при патологии. Так, кальций в моче больше при остеомалации и аденоме паращитовидной железы.

Органические составные части мочи. Они представлены азотосодержащими и безазотистыми соединениями.

Азотосодержащие вещества мочи – продукты конечного обмена белков. Основой их у многих животных служит мочевины или мочева кислота. У КРС количество мочевины за сутки составляет 60-100г, у лошади – 75-150. Содержание её возрастает при интенсивной работе, болезнях, сопровождаемых лихорадкой, уменьшается – при гепатитах и др.

Мочевая кислота – обязательный продукт азотистого обмена (у рептилий и птиц – основной). Она бывает в свободной и связанной форме. Содержание её и уратов возрастает при подагре, нефритах и т.д. В норме содержится до 0,0002% мочево кислоты.

Аммиак мочи представлен неорганическими и органическими солями.

Аллантоин – продукт азотистого обмена млекопитающих (кроме человека и антропоидных обезьян). Образуется в печени из мочево кислоты. В моче рогатого скота он составляет 92,5% общего количества пуринов, лошади – 87,5%, овцы – 64, свиньи – 91,7%.

К азотистосодержащим веществам мочи относится гиппуровая кислота, фенацетуровая кислота (продукт нейтрализации фенилуксусной кислоты глицином). Содержание АМК невелико.

К безазотистым веществам мочи относятся щавелевая, глюкоуроновая, янтарные кислоты их производные, фенолы и их эфиры, ароматические окислители, нейтральная сера, безазотистые витамины и др. Их содержание не превышает десятых долей процента.

При патологических изменениях появляются вещества, которых обычно нет в моче здоровых животных. Особый интерес представляют белки, сахар, ацетоновые тела, желчные и кровяные пигменты.

Лекция 19

Биохимия молока и молочной железы

19.1 Общая характеристика и химический состав молока.

Молоко- полидисперсная система, состоящая из истинных и коллоидных растворов, суспензий и эмульсий. Плотность молока или объемная масса ρ при 20°C колеблется от 1,027 до 1,032 г/см³, выражается и в градусах лактоденсиметра. Плотность зависит от температуры (понижается с ее повышением), химического состава (понижается при увеличении содержания жира и повышением при увеличении количества белков, лактозы и солей), а также от давления, действующего на него.

Величина плотности зависит от лактационного периода, болезней животных, пород, кормовых рационов. Так. молозиво и молоко полученные от разных коров, имеют высокую плотность за счет повышенного содержания белков, лактозы, солей и других составных частей.

Температура замерзания колеблется в узких пределах от 0,54 до 0,57°C. Температура кипения 100,2 °C Реакция среды кислая ли близка к нейтральной: pH 6,5-7,0. титруемая кислотность 12-20 °Т. Буферная емкость по кислоте 2,5, по щелочи 1,4.

В молоке около 200 индивидуальных веществ, которые условно можно разделить на пять основных групп: вода, белки, липиды, углеводы.

Химически состав молока одного и того же вида животного зависит от породы и возраста самки, периода лактации, условий кормления и т.д. Для молока часто выделяют понятие СОМО – сухой обезжиренный молока остаток. Установлена закономерность между содержанием в молоке СОМО и интенсивностью роста молодняка.

Вода в молоке находится в свободном и связанном состояниях. В молоке коровы 88% козы 86,9% лошади 90,3% . Свободная вода легко удаляется при сгущении,

высушивании и других обработках. Связанная вода входит в состав сольватных оболочек коллоидов. В свежем молоке содержится 2,0-3,5% связанной воды, в обезжиренном – 2,13-2,59, в сливках 20%-ной жирности – 2,5-3,42%, в сгущенном молоке – 11,62%

Белки. Содержание белков в коровьем молоке достигает 2,9-4,0%, козы 3,8%, лошади 1,9%. В обезжиренном молоке 45-55% белков составляет α -казеин. В молоке он образует казеинат-кальций-фосфатный комплекс, участвующий в формировании оболочки жировых шариков.

α -лактоальбумин участвует в биосинтезе лактозы из галактозы и глюкозы.

Глобулины молока имеют высокую молекулярную массу (250 тыс-1 млн.), их молекула содержит углеводный компонент, обладают свойствами липооксидаз.

Протеозо-пептонную фракцию представляют простые белки связанные с углеводными компонентами: гексозами, сиаловыми кислотами и гесозаминами. Фракция содержится в сыворотке молока (образуется после осаждения казеина) и мицеллах.

Кроме этого, в молоке имеются и другие белки – ферменты всех шести классов, красный протеин, лактолин и т.д.

Небелковые азотистые соединения. Их содержание составляет 0,021-0,036%. Около половины небелкового азота приходится на мочевины, меньше – на аминокислоты, пуриновые основания, креатин и др.

Углеводы. В молоке коровы 4,9%, козы 4,4%, лошади 6,5%. Они находятся в свободной и связанной с белками формах. Свободные углеводы представлены лактозой (в среднем 4,7%), галактозой, глюкозой, фосфорными эфирами моноз, аминсахарами. Связанные углеводы составляют 0,3% молока. Это моносахариды, гексозамины, сиаловые кислоты, лактоза. Больше всего лактозы содержится в молоке носорога – до 36% общей массы.

Липиды. В молоке коровы 3,5%, козы 3,8, лошади 1,0%, в молоке самки оленя 17,1%. В молоке они представляют собой смесь нейтрального жира, стерина, стеридов, фосфатидов, гликолипидов и их производных. Основу липидов молока составляют триглицериды (98-99% общей массы). В молочном жире больше всего остатков пальмитиновой, олеиновой, стеариновой и миристиновой кислот. Холестерина в молоке 0,0012-0,013%. Стерины и стериды концентрируются в оболочках жировых шариков.

Фосфатидов и гликолипидов в молоке 0,032-0,050%. Оболочки жировых шариков на 60% состоят из фосфатидов.

Витамины. Коровье молоко богато витаминами, мг/100г: В₁- 0,04, В₂ – 0,15, РР – 0,1, С – 1,5, А – 0,025, D – $0,05 \cdot 10^{-3}$, Е – 0,09. Иногда его обогащают витаминами. С этой целью животных кормят кормами, богатыми витаминами, вводят концентраты витаминов А и D или же Е молоко обогащают витаминами биологическим путем, вводя микробы, способные синтезировать определённые витамины. Так, внесение в молоко штаммов молочнокислых бактерий даёт возможность повысить в простокваше и кефире содержание витамина С в 2-4 раза, РР – в 5-10, В₁₂ – в 20-50, В₂ – в 1,5-2 раза.

Пигменты. Молоко содержит каротины (летом – 0,3-0,6 мг/кг, зимой – 0,05-0,2 мг/кг), лактофлавин, небольшое количество хлорофиллов. От них зависит окраска молока.

Минеральные вещества. Содержание их в молоке составляет 0,7-1%. Они находятся в свободном и связанном состояниях. Молоко коровы содержит следующие основные минеральные вещества г/кг : хлориды – 2,01; фосфаты -3,32; цитраты-3,21; сульфат натрия-0,18. Молоко богато кальцием (11,2-12,8 мг). 78% его в фосфатах и цитратах, 22% связано с казеином. Кроме этого молоко содержит многие микроэлементы – Fe, Cu, Zn, Mn.

Минеральные вещества находятся в виде солей, кислот, ионов, биоконплексов, входят в состав металлоэнзимов.

Газы. В свежем молоке содержание газов, находящихся в растворённом состоянии, доходит до 70 мл на 1л. Больше всего в нем СО₂ (50-70% общей массы газов), азота (20-

30%) и O_2 (20-30%). В молоке полученном в плохо вентилируемых помещениях может быть аммиак. В процессе хранения содержание газов в молоке уменьшается, азот остаётся на одном уровне.

19.2 Общая характеристика и химический состав молозива.

Молозиво – это секрет молочной железы в первые 5-7 суток после родов. У коровы молозиво представляет собой жидкость желтоватого иногда желтовато-коричневого цвета, вязкой консистенции, солоноватую на вкус, со специфическим запахом. Плотность молозива – 1,035-1,082, вязкость – 4,4.

От молока отличается высокой кислотностью. В молозиве коровы содержится 72% воды, до 20% белков, 7,5-8,5% липидов, 3,5% лактозы, 3,5% минеральных солей.

Богато иммунными телами (они обеспечивают пассивный иммунитет у новорожденных на первом этапе жизни, антитоксинами, витаминами, каротином (в 50-100раз больше, чем в молоке), минеральными веществами и другими соединениями. В молозиве в 2-3 раза больше фосфатидов, чем в обычном молоке.

Иммуноглобулины молозива без предварительного гидролиза всасываются в кровь через стенку кишечника новорожденных, принимающих в качестве корма молозиво, и создают у них так называемый колостральный (молозивный) иммунитет, обеспечивающий им устойчивость к ряду инфекционных болезней в первые 1,5-2 месяца постнатальной жизни.

19.3 Образование составных частей молока.

Образование молока - это многоэтапный процесс, в котором участвуют все системы лактирующего животного.

Процесс образования молока следующий. Исходные вещества с током крови по наружной срамной и частично промежуточной артериям поступают в капиллярную сеть альвеол, из них – в эпителиальный слой. Он обладает избирательной способностью: пропускает через поры лишь те вещества, которые необходимы для образования молока. Часть веществ без изменений поступает в альвеолярную полость. Это некоторые белки (иммунные глобулины). Небелковые азотистые вещества, глюкоза, жирные кислоты, витамины, гормоны, минеральные соли и др. Большинство составных частей молока (белки, липиды, углеводы) синтезируется из «сырья», которое проникает через базальные мембраны в клетки альвеолярного эпителия.

Клетки альвеолярного эпителия обладают хорошо развитым ядром и цитоплазмой, эндоплазматической сетью и комплексом Гольджи, митохондриями и лизосомами. Основной фрагмент молока – жировой шарик. В секреторном цикле клеток альвеолярного эпителия различают пять фаз:

- 1) поглощение клеткой предшественников молока, поступающих в неё из крови и тканевой жидкости;
- 2) внутриклеточный синтез сложных молекул секрета;
- 3) формирование из них гранул или капель;
- 4) продвижение капель к апикальному краю клетки;
- 5) выход секрета из клетки в просвет альвеолы и восстановление клетки исходной структуры
- 6) Эти процессы катализируются оксидоредуктазами (обеспечивают химической энергией), синтетазами (осуществляют биосинтез белков, жиров, лактозы и др. соединений молока) и ферментами других классов. Молокообразование регулируется нейрогуморальным путем.

Во время лактации высокопродуктивная корова ежедневно дает 15-30л молока. С молоком ежедневно выделяется 500-1000г белка, 600-1200 –жира, 700-1400г лактозы. У коров со средней суточной продуктивностью 15л молока (4500 кг в год) сосуды вымени ежедневно пропускают около 9л крови.

Биосинтез белков. Основная масса белков молока синтезируется в молочной железе из аминокислот. Биосинтез белков протекает типично. В клетки эпителия поступают АМК, часть из них синтезируется аминированием жирных кислот. Аминокислоты под действием специфических ферментов активируются. Аденилат аминокислоты взаимодействует с соответствующей тРНК, транспортируются к полисомам где и включаются в полипептидную цепочку. К молекулам простых белков могут присоединяться простетические группы.

Формируются вторичная, третичная и четвертичная структуры белковой молекулы. Образуются гранулы белка, которые по каналам комплекса Гольджи направляются к апикальному краю клетки, включаются в состав жировых шариков и выделяются в альвеолярную полость.

Биосинтез углеводов. Основной углевод молока – лактоза. 80% её синтезируется из глюкозы, 20% из ацетата и пропионата. В процессе синтеза лактозы принимают участие ферменты, изомеризующие часть глюкозы в галактозу и объединяющую затем галактозу с глюкозой. Комплекс ферментов, осуществляющих эти превращения, называют лактозосинтетазой. Лактозосинтетазная активность связана с белком молока α -лактоальбумином, который рассматривается как одна из субъединиц данного фермента. Регулируется синтез лактозы рядом гормонов, в том числе и пролактином гипофиза.

Биосинтез липидов. Основа липидов молока – молочный жир. Биосинтез липидов состоит из двух процессов: образование жирных кислот и глицерина и образования триглицеридов.

Глицерин поступает в альвеолы из циркулирующей крови или синтезируется в клетках альвеолярного эпителия из глюкозы, аминокислот, жирных кислот. Жирные кислоты поступают в молочную железу с током крови.

Часть их образуется в тканях молочной железы из ацетата. У жвачных около 50% уксусной кислоты, которая образуется в преджелудках, идет на синтез жирных кислот молочного жира. Жирные кислоты в основном синтезируются в межальвеолярной ткани вымени, поступают затем в клетки альвеолярного эпителия.

Биосинтез происходит в базальных участках клеток альвеол. Капелька жира окутывается частицами белка и перемещается к апикальному краю клетки, формируясь в жировой шарик.

Наряду с молочным жиром в клетках альвеолярного эпителия и выводных протоков синтезируются стеринны и стериды, фосфатиды и гликолипиды.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Общая характеристика и функции крови.
- 2) Химический состав крови. Белки плазмы крови и их функции.
- 3) Небелковые азотистые и безазотистые вещества крови.
- 4) Общая характеристика мышечной ткани.
- 5) Химический состав мышечной ткани. Белки саркоплазмы, миофибрилл и мышечной стромы.
- 6) Экстрактивные вещества мышечной ткани.
- 7) Особенности химического состава сердечной и гладкой мышцы.
- 8) Функции и химический состав печени.
- 9) Биохимия мочевыделительной системы. Химический состав и обмен веществ в почках.
- 10) Химический состав и диагностическое значение мочи.
- 11) Биохимия нервной ткани.
- 12) Биохимия соединительной ткани.
- 13) Биохимия сельскохозяйственной птицы и яйца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
3. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
4. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
5. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

Дополнительная

1. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
2. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
3. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
4. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.– 495 с.
5. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
6. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
7. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
8. lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2 – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
9. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Березов, Т.Т.** Биологическая химия / Т.Т. Березов, Б.Ф. Коровкин. – М: Медицина. – 2002. – 704 с.
2. **Блинов, В.А.** Основы клинической биохимии человека и животных / В.А. Блинов, И.И.Калужный. – Саратов: ПКИ. – 1996. – 246 с.
3. **Буршина, С.Н.** Биологическая химия с основами физической и коллоидной / С.Н.Буршина, Е.Н. Зеленцова, Е.А. Шапулина, О.В.Пилипченко - Методические указания. В 2-х частях. – Саратов, 2009. – 124 с., 88 с.
4. **Комов, В.П.** Биохимия /В.П. Комов, В.Н. Шведов – М.: Дрофа.–2004. – 640 с.
5. **Кононский, А.И.** Биохимия животных/ А.И. Кононский. - М: Колос. – 1992. -256 с.
6. **Кнорре, Д.Г.** Биологическая химия: учебник. /Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызина – М.: Высшая школа. – 2002. – 479 с.
7. **Ленинджер, А.** Основы биохимии / А. Ленинджер. М.: Мир. – 1985. –В 3-х том. - 1050 с.
8. **Николаев, А.Я.** Биологическая химия: учебник. / А.Я.Николаев - М.: Высшая школа.–1989.–495 с.
9. **Строев, Е.А.** Биологическая химия: учебник. / Е.А.Строев – М.: Высшая школа. 1989. – 479 с.
10. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия: учебник для вузов / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М.: Дрофа – 2005 - 542с.

11. **Тюкавкина, Н.А.** Биоорганическая химия : учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков, С.Э. Зурабян. - М.: Дрофа – 2010. - 416 с.
12. **Филиппович, Ю.Б.** Основы биохимии: учебник. /Ю.Б.Филиппович – М.: Агар. – 1999. – 159 с.
13. [lib.e-science.ru>book/?c=11&p=2](http://lib.e-science.ru/book/?c=11&p=2) – Биохимия. Электронная научная интернет библиотека.
14. www.xumuk.ru – Сайт о химии: Классические учебники по биохимии.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. Введение в биологическую химию. Химия белков	4
1.1. Предмет биологической химии и его значение	4
1.2. Классификация, строение и свойства аминокислот	4
1.3. Пептидная связь. Строение и биологическая роль пептидов	5
Вопросы для самоконтроля	5
Список литературы	7
Лекция 2. Химия белков	8
2.1. Характеристика, функции и классификация белков	8
2.2. Структурная организация белков	8
2.3. Физико-химические свойства белков	8
Вопросы для самоконтроля	9
Список литературы	9
Лекция 3 Биокатализаторы	10
3.1. Общая характеристика ферментов	10
3.2. Классификация и номенклатура ферментов	10
3.3. Структура и механизм действия ферментов	12
3.4. Свойства энзимов	12
Вопросы для самоконтроля	13
Список литературы	13
Лекция 4. Нуклеиновые кислоты	14
4.1. Общая характеристика и функции нуклеиновых кислот	14
4.2. Химические свойства нуклеиновых кислот	14
4.3. Схема образования нуклеозида и нуклеотида ДНК и РНК	15
4.4. Структура нуклеиновых кислот	15
4.5. Общая схема биосинтеза белка	17
4.6. Биологический код и его свойства	17
Вопросы для самоконтроля	18
Список литературы	18

Лекция 5. Гормоны	19
5.1. Гормоны: общая характеристика и классификация	19
5.2. Механизм действия гормонов и виды мембраносвязанных рецепторов	20
5.3. Гормоны центральных желез	21
5.4. Гормоны периферических эндокринных желез	22
Вопросы для самоконтроля	24
Список литературы	24
Лекция 6. Витамины (1 часть)	25
6.1. Характеристика и классификация витаминов. Понятие а-, гипо- и гипervитаминозов	25
6.2. Жирорастворимые витамины: строение, биологическая роль, источники	25
Вопросы для самоконтроля	27
Список литературы	27
Лекция 7. Витамины (2 часть)	28
7.1. Водорастворимые витамины: строение, биологическая роль и источники	28
Вопросы для самоконтроля	32
Список литературы	32
Лекция 8 Углеводы	33
8.1. Характеристика, классификация и функции углеводов	33
8.2. Моносахариды: строение и стереоизомерия	33
8.3. Неклассические моносахариды	35
9.1. Основные представители олигосахаридов и их свойства	36
9.2. Особенности полисахаридов	38
Вопросы для самоконтроля	40
Список литературы	40
Лекция 9. Липиды	41
10.1. Классификация, основные представители ТАГ, восков, стероидов и их функции	41
10.2. Сложные липиды и их биологическая роль. Липопротеины	43
Вопросы для самоконтроля	44
Список литературы	44
Лекция 10 Обмен веществ. Энергетический обмен	45
11.1. Общая характеристика обмена веществ. Анаболизм и катаболизм	45
11.2. Обмен энергии. Биологическое окисление	45
11.3. Характеристика высокоэнергетических фосфатов. Роль АТФ в организме	47
12.1. Организация и функционирование дыхательной цепи	47
12.2. Механизм сопряжения окисления с фосфорилированием	49
Вопросы для самоконтроля	50
Список литературы	50
Лекция 11. Обмен аминокислот и белков	51
13.1. Общая характеристика обмена белков. Азотистый баланс	51
13.2. переваривание белков и всасывание продуктов распада в ЖКТ	51
13.3. Общие пути промежуточного обмена аминокислот в тканях	52
13.4. Гниение белков в кишечнике	53
Вопросы для самоконтроля	54
Список литературы	54
Лекция 12. Обмен белков	55
14.1. Конечные продукты белкового обмена	55
14.2. Синтез креатинина	56
14.3. Обмен сложных белков. Катаболизм пуриновых нуклеотидов	57
Вопросы для самоконтроля	58
Список литературы	59
Лекция 13. Обмен углеводов (часть 1)	60
15.1. Общая характеристика обмена углеводов	60
15.2. переваривание и всасывание углеводов в ЖКТ	60
15.3. Анаэробный распад глюкозы. Реакции. Биологическое значение	61
Вопросы для самоконтроля	62

Список литературы	62
Лекция 14. Обмен углеводов (часть 2)	63
16.1. Анаэробный распад глюкозы (непрямой путь окисления)	63
16.2.Пентозо-фосфатный путь превращения глюкозы. Реакции. Значение	64
16.3. Виды брожения углеводов	65
Вопросы для самоконтроля	67
Список литературы	67
Лекция 15. Обмен липидов	68
17.1. Метаболизм липидов	68
17.2. Переваривание и всасывание жиров в ЖКТ	68
17.3. Промежуточный обмен: β -окисление жирных кислот	69
Вопросы для самоконтроля	71
Список литературы	71
Лекция 16. Минеральный и водный обмен	72
18.1. Минеральные вещества и их обмен	72
18.2. Значение и обмен отдельных химических элементов (макро- и микроэлементов)	72
18.3. Характеристика водно-солевого обмена	74
Вопросы для самоконтроля	75
Список литературы	75
Лекция 17. Биохимия крови. Биохимия мышечной ткани.	77
17.1 Общая характеристика, свойства и функции крови.	
17.2 Химический состав крови, плазмы и сыворотки крови.	
17.3 Общая характеристика и химический состав мышечной ткани.	
Лекция 18. Биохимия печени и почек	77
18.1. Функции и химический состав печени	78
18.3 Роль печени в обмене веществ	
18.3. Биохимия почек и мочи	79
18.4 Химический состав мочи	
Лекция 19. Биохимия молока и молочной железы	81
19.1Общая характеристика и химический состав молока	
19.2Общая характеристика и химический состав молозива	82
19.3 Биохимические аспекты молокообразования, регуляция процесса	
Вопросы для самоконтроля	83
Список литературы	83
Библиографический список	84
Содержание	85