МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум для студентов, обучающихся по специальностям
«Лечебное дело» и «Педиатрия»

4-е издание, исправленное и дополненное

Минск БГМУ 2025

УДК 577(076.5)(075.8)
ББК 28.072я73
Б63

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве практикума 16.04.2025 г., протокол № 8

А в т о р ы: д-р мед. наук, проф. А. Д. Таганович; канд. биол. наук, доц. А. В. Колб; канд. мед. наук, доц. Ж. А. Рутковская; канд. мед. наук, доц. Е. А. Девина; канд. биол. наук, доц. Е. М. Барабанова; д-р мед. наук, проф. А. Г. Кадушкин; канд. биол. наук, доц. Т. В. Рябцева; канд. мед. наук, доц. Е. А. Хотько; канд. мед. наук, ст. преп. Д. И. Мурашко

Р е ц е н з е н т ы: д-р мед. наук, проф., зав. каф. биологической химии Гродненского государственного медицинского университета В. В. Лелевич; каф. общей химии Белорусского государственного медицинского университета

Биологическая химия : практикум для студентов, обучающихся по специальностям Б63 «Лечебное дело» и «Педиатрия» / А. Д. Таганович, А. В. Колб, Ж. А. Рутковская [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Минск : БГМУ, 2025. – 232 с.

ISBN 978-985-21-1897-2.

Изложены рекомендации для самоподготовки к лабораторным и итоговым занятиям по биологической химии. Последовательность разделов и тем соответствует учебным планам. В каждой теме приведены цель и значимость ее усвоения для практической медицины, рекомендуемая литература, вопросы для обсуждения, тестовые задания, ситуационные задачи, описание лабораторных работ, заготовки протоколов для их выполнения. Включены примеры клинических задач и вопросы для подготовки к коллоквиумам и экзамену. Первое издание вышло в 2022 году.

Предназначен для студентов 2-го курса лечебного, педиатрического, военно-медицинского факультетов и медицинского факультета иностранных учащихся.

УДК 577(076.5)(075.8)
ББК 28.072я73

Учебное издание

Таганович Анатолий Дмитриевич
Колб Александр Владимирович
Рутковская Жанна Александровна и др.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Практикум для студентов, обучающихся по специальностям «Лечебное дело» и «Педиатрия»

4-е издание, исправленное и дополненное

Ответственный за выпуск А. Д. Таганович
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 28.05.25. Формат 60×84/8. Бумага «Снегурочка».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 26,97. Уч.-изд. л. 10,72. Тираж 640 экз. Заказ 368.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.

ISBN 978-985-21-1897-2

© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2025

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

К работе в химических лабораториях допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.

Обучающиеся обязаны выполнять требования по охране труда и пожарной безопасности, знать порядок действий при пожаре, места расположения средств пожаротушения.

При работе в лаборатории возможно воздействие на работающих следующих опасных и вредных производственных факторов:

– химические ожоги при попадании на кожу или в глаза едких химических веществ;

– термические ожоги при неаккуратном пользовании спиртовками и нагревании жидкостей;

– порезы рук при небрежном обращении с лабораторной посудой;

– отравление парами или газами высокотоксичных химических веществ;

– возникновение пожара при неаккуратном обращении с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями;

Работать в помещении лаборатории разрешается только в присутствии преподавателя.

Работа с химическими веществами без спецодежды и наличия необходимых средств защиты глаз, органов дыхания, кожных покровов запрещается.

Перед зажиганием спиртовки нужно удостовериться, что корпус ее исправен, фитиль выпущен на нужную высоту и распущен, а горловина и держатель фитиля сухие.

Зажженную спиртовку нельзя переносить с места на место, нельзя зажигать спиртовку от другой.

Гасить спиртовку нужно, накрывая пламя фитиля колпачком. Задувать пламя запрещается.

Каждый обучающийся должен выполнять лабораторные работы на закрепленном за ним учебном месте, не загромождать его посторонними предметами. Переход на другое рабочее место без разрешения преподавателя не допускается.

Перед выполнением лабораторной работы студент обязан изучить методику и требования по ее безопасному применению.

Пролитые на пол или стол вещества обучающиеся могут обезвредить и удалить под руководством преподавателя или лаборанта.

Обучающимся запрещается покидать лабораторию, оставляя без присмотра зажженные спиртовки и другие нагревательные приборы.

СТРУКТУРА, ФУНКЦИИ, СВОЙСТВА БЕЛКОВ И ПЕПТИДОВ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛКОВ

Занятие 1
ВВЕДЕНИЕ В ПРАКТИКУМ. ВВЕДЕНИЕ В БИОХИМИЮ. СТРОЕНИЕ ПЕПТИДОВ. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКА В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ

Актуальность темы. Аминокислоты после всасывания используются в организме для синтеза специфических тканевых белков, пептидов, ферментов, гормонов, гема, биогенных аминов, пуриновых и пиримидиновых азотистых оснований. В печени из аминокислот синтезируются белки плазмы крови. Методы количественного определения белка в биологических жидкостях (растворах) широко используются в медицинской практике. Количественное определение содержания белка в сыворотке (плазме) крови проводят для диагностики целого ряда заболеваний.

Цель занятия: закрепить знания об аминокислотах как структурных единицах белков и пептидов; изучить свойства пептидной связи, правила написания пептидов, их названия, определения заряда; усвоить общие принципы количественного определения содержания белка в биологических жидкостях.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *общей химии*:
  - правила работы в химических лабораториях;
- *биоорганической химии*:
  - аминокислотный состав белков;
  - строение аминокислот, номенклатура;
  - классификация и общие свойства аминокислот;
  - пептиды, электронное и пространственное строение пептидной связи;
  - классификация и функции белков;
- *медицинской и биологической физики*:
  - закон Бугера–Ламберта–Бера;
  - устройство и принцип работы колориметра.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Какая из перечисленных аминокислот является нейтрально заряженной?

А. Гистидин. Б. Аланин. В. Аспартат. Г. Лизин.

Задание 2. Выберите аминокислоту, которая не обладает оптической активностью:

А. Аланин. Б. Цистеин. В. Глицин. Г. Аргинин.

Задание 3. Назовите аминокислоту, содержащую кольцо индола:
А. Оксилизин. В. Триптофан. Д. Гистидин.
Б. Серин. Г. Пролин.

Задание 4. Выберите α-иминокислоту:
А. Оксилизин. В. Триптофан. Д. Гистидин.
Б. Серин. Г. Пролин.

Задание 5. Олигопептид — это соединение, которое содержит:
А. 2 остатка аминокислот.
Б. 9 остатков аминокислот.
В. 10 остатков аминокислот.
Г. 12 остатков аминокислот.

Задание 6. Белок — это соединение, которое содержит:
А. 15 остатков аминокислот.
Б. 28 остатков аминокислот.
В. 49 остатков аминокислот.
Г. 120 остатков аминокислот.

Задание 7. Какие функции присущи только белкам?
А. Энергетическая. В. Буферная.
Б. Сократительная. Г. Структурная.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Предмет, цели и задачи биохимии.
2. Пептидная связь, свойства (постулаты Полинга–Кори).
3. Пептиды, строение. Классификация и биологическая роль пептидов.
4. Правила написания пептидов, их названия и определения заряда.
5. Белки как класс органических веществ, биологические функции. Классификация белков.
6. Количественное определение белка биуретовым методом. Построение калибровочного графика и работа с ним.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С.19–36, 49–50.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С 3–4, 7–8, 21–32, 39–40.
3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 5–8, 29–31.
4. Конспект лекций.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Молекула аминокислоты, находящаяся в изоэлектрической точке:

А. Имеет положительный заряд.

Б. Не имеет заряда.

В. Имеет отрицательный заряд.

Задание 2. В изоэлектрической точке белок:

А. Имеет наименьшую растворимость.

Б. Является катионом.

В. Является амфиионом.

Г. Обладает наибольшей степенью ионизации.

Задание 3. В какой среде пептид Ала-Гис-Лиз-Фен будет двигаться к катоду при электрофорезе?

А. Кислой. Б. Нейтральной. В. Щелочной.

Задание 4. Выберите правильные утверждения:

А. Биуретовую реакцию дают все аминокислоты.

Б. Биуретовую реакцию дает биурет.

В. Биуретовую реакцию дают трипептиды.

Г. Биуретовую реакцию дают белки.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. В клинической лаборатории для целей парентерального питания смесь аминокислот (Гли, Ала, Глу, Лиз, Арг, Сер, Асп) разделяют методом электрофореза при pH = 6,0. Какие аминокислоты будут двигаться к аноду, какие — к катоду, а какие останутся на месте?

Задание 2. Подберите к каждому белку соответствующую функцию:

1. Коллаген.	А. Структурная.
2. Иммуноглобулин.	Б. Сократительная.
3. Инсулин.	В. Транспортная.
4. Гемоглобин.	Г. Каталитическая.
5. Актин.	Д. Защитная.
6. Кератин.	Е. Гормональная.
7. Родопсин.	Ж. Рецепторная.
8. Альбумин.	З. Токсическая.

Задание 3. Свойство поглощать световой поток с длиной волны 280 нм при спектрофотометрии обусловлено наличием в белке:

А. Триптофана.	В. Гистидина.
Б. Пролина.	Г. Тирозина.

Ситуационная задача.

В клинику поступил ребенок 3 лет с пищевым отравлением. Жалобы: диарея, рвота. При биохимическом анализе крови концентрация общего белка — 100 г/л.

Как называется данный вид протеинемии? Объясните механизм. Какие изменения концентрации белка вы еще знаете?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — Б. 2 — В. 3 — В. 4 — Г. 5 — А, Б, В. 6 — Г. 7 — Б.

***Для самостоятельной работы*:**

1 — Б. 2 — А, В. 3 — А, Б. 4 — Б, В, Г.

Лабораторная работа (60 минут)

Количественное определение общего белка биуретовым методом

Среди различных методов определения общего белка в сыворотке (плазме) крови наибольшее распространение получили колориметрические методы, а среди них — метод, основанный на биуретовой реакции. Он обладает специфичностью определения, точностью и доступностью. Другой колориметрический метод — метод Лоури — сочетает использование биуретовой реакции и реакции восстановления реактива Фолина циклическими аминокислотами (тирозином, фенилаланином, триптофаном). Хотя этот метод и более чувствителен, но он сложен по приготовлению основного раствора и менее специфичен, т. к. целый ряд других веществ образуют с реактивом Фолина комплексы характерной окраски.

Принцип метода. Метод основан на образовании окрашенного в фиолетовый цвет комплекса пептидных связей белка с ионами двухвалентной меди (сульфата меди) в щелочной среде. Интенсивность окраски раствора прямо пропорциональна концентрации белка в сыворотке и определяется фотометрически.

Ход работы. В 1-ю пробирку (опыт) наливают 0,1 мл исследуемой сыворотки, во 2-ю (контроль) — 0,1 мл 0,9 % раствора хлорида натрия. В обе пробирки приливают по 5 мл биуретового реактива. Содержимое пробирок осторожно перемешивают, избегая образования пены, и через 30 мин фотометрируют опытную пробу в кюветах 10 мм при зеленом светофильтре (длина волны — 540 нм) против контрольного раствора. Определив экстинкцию исследуемого раствора, находят по калибровочному графику, какой концентрации белка (в г/л) она соответствует.

Построение калибровочной кривой. Для построения кривой готовят из основного стандартного раствора белка с концентрацией 100 г/л рабочие растворы альбумина: 20, 40, 60, 80, 100 г/л. Для этого к 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 мл стандартного раствора белка добавляют 0,8; 0,6; 0,4; 0,2; 0 мл 0,9 % раствора NaCI. Из каждого разведения берут по 0,1 мл раствора и вносят в пробирки, содержащие по 5 мл биуретового реактива. Через 30 мин измеряют экстинкцию стандартных проб на ФЭК против контроля, данные заносят в таблицу. Строят график, откладывая на

оси абсцисс значения концентрации стандартных растворов белка (в г/л), на оси ординат — соответствующие им величины оптической плотности.

Результат:

Данные для построения калибровочной кривой:

С, г/л	20	40	60	80	100
Е (оптическая плотность)					

Данные, полученные при исследовании образца сыворотки:

Е оп.= *С оп.=*

Клинико-диагностическое значение. Нормальное содержание общего белка в сыворотке крови (нормопротеинемия) у взрослых — 65–85 г/л, у детей до 6 лет — 56–85 г/л. Изменения концентрации общего белка могут быть как абсолютные, так и относительные. Относительные изменения связаны с изменением объема крови (плазмы). Так, относительная гипопротеинемия (понижение концентрации белка в крови) развивается при гидремии, т. е. нагрузке водой, водном отравлении, а относительная гиперпротеинемия (повышение концентрации белка в крови) возникает при сгущении крови из-за значительных потерь жидкости при поносах, неукротимой рвоте, усиленном потоотделении, холере, ожогах. Абсолютная гипопротеинемия наблюдается при нефритах, злокачественных опухолях, алиментарной дистрофии. Абсолютная гиперпротеинемия встречается сравнительно редко, например, при миеломной болезни, хронических полиартритах.

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 2
УРОВНИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЛКОВЫХ МОЛЕКУЛ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВ. РЕАКЦИИ ОСАЖДЕНИЯ БЕЛКОВ

Актуальность темы. Изучение физико-химических свойств белков необходимо для понимания механизмов развития многих патологических состояний (например, отеков), механизмов транспорта веществ (в том числе лекарственных препаратов). На знании физико-химических свойств белков основано их получение и использование в качестве лекарственных препаратов. Реакции осаждения используются в медицине для качественного и количественного определения белка в биологических жидкостях, для удаления белков из растворов. Пробы коллоидоустойчивости используются для функциональной диагностики болезней внутренних органов.

Цель занятия: закрепить знания о первичной структуре белка и ее роли в формировании пространственных структур молекулы; сформировать представление о конформационных состояниях белковой молекулы и значении пространственной структуры в функционировании белков; познакомиться с возможностями применения денатурации белков в медицинской практике; усвоить значение реакций гидролиза белков для процессов жизнедеятельности и в медицинской практике.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *физико-коллоидной химии*:
  - учение о растворах;
  - свойства белковых растворов как коллоидных систем;
  - растворимость белка;
- *биоорганической химии*:
  - понятие об уровнях структурной организации белковых молекул;
  - денатурация и денатурирующие факторы.
  - механизм гидролиза.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Укажите свойства, характерные для грубодисперсных систем:

А. Броуновское движение частиц.

Б. Термодинамическая неустойчивость.

В. Опалесценция.

Г. Седиментация.

Задание 2. Укажите свойства, отличающие суспензии от истинных растворов:

А. Прозрачность.

Б. Термодинамическая устойчивость.

В. Гетерогенность.

Г. Мутность.

Задание 3. Укажите свойства, характеризующие коллоидные растворы:

А. Низкое осмотическое давление.

Б. Светорассеяние.

В. Для частиц дисперсной фазы характерна седиментация.

Г. Высокая диффузия частиц дисперсной фазы.

Задание 4. Методы очистки коллоидных растворов основаны на следующих свойствах (выберите правильные варианты):

А. Размеры частиц дисперсной фазы больше размеров частиц примесей.

Б. Концентрация частиц дисперсной фазы больше концентрации частиц примесей.

В. Диффузии частиц примесей через фильтр.

Г. Диффузии частиц примесей через мембрану.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Первичная, вторичная, надвторичная, третичная, четвертичная структуры белковой молекулы (понятие, разновидности и связи, стабилизирующие структуру).

2. Этапы и методы исследования аминокислотного состава и аминокислотной последовательности белков и пептидов (методы Сэнджера, Эдмана, Акабори, ферментативные).

3. Конформационные изменения при функционировании белков. Взаимодействие белков с лигандами.

4. Денатурация. Обратимость денатурации. Механизмы действия денатурирующих факторов.

5. Гидролиз белка, его виды. Значение реакций гидролиза белка для организма и практическое использование белковых гидролизатов в медицинской практике.

6. Общие физико-химические свойства белков (оптическая активность, подвижность в электрическом поле, поглощение УФ-лучей, растворимость в воде). Факторы устойчивости белковых растворов.

7. Высаливание белков (обратимое осаждение), необратимое осаждение белков.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С.36–48, 50–54, 70–73.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 21, 24–25, 28–39.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 18–29, 31–34.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Биохимия* человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Вспомните уровни структурной организации белков и основные связи, участвующие в их формировании.

1.1. Подберите к каждому уровню структурной организации белка соответствующее понятие, обозначенное буквой:

1. Первичная структура.	А. Пространственное расположение отдельного участка полипептидной цепи, содержащей α-спирали и β-структуры.
2. Вторичная структура.	Б. Порядок чередования аминокислот в полипептидной цепи.
3. Надвторичная структура.	В. Объединение в определенном порядке двух или большего количества протомеров в молекуле олигомерного белка.
4. Третичная структура.	Г. Способ укладки отдельных участков полипептидной цепи в виде α-спиралей и β-структур.
5. Четвертичная структура	Д. Расположение в пространстве всей полипептидной цепи, имеющей в своем составе α-спирали и β-структуры.
	Е. Полипептидная цепь, которая стабилизируется пептидными связями между остатками аминокислот.

1.2. Какому уровню структурной организации белка соответствует каждый пронумерованный тип связи? Подберите пары:

А. Связь между карбоксильными и аминогруппами радикалов аминокислот.	1. Первичная структура
Б. Связь между α-амино- и α-карбоксильными группами аминокислот.	2. Вторичная структура
В. Связь между радикалами цистеина.	3. Третичная структура
Г. Водородные связи между пептидными группировками.	4. Четвертичная структура.
Д. Водородные связи между радикалами аминокислот.	
Е. Межрадикальные гидрофобные взаимодействия.	

Задание 2. Вспомните, что:

– белковые молекулы имеют центры связывания (активные центры) с другими веществами (лигандами);

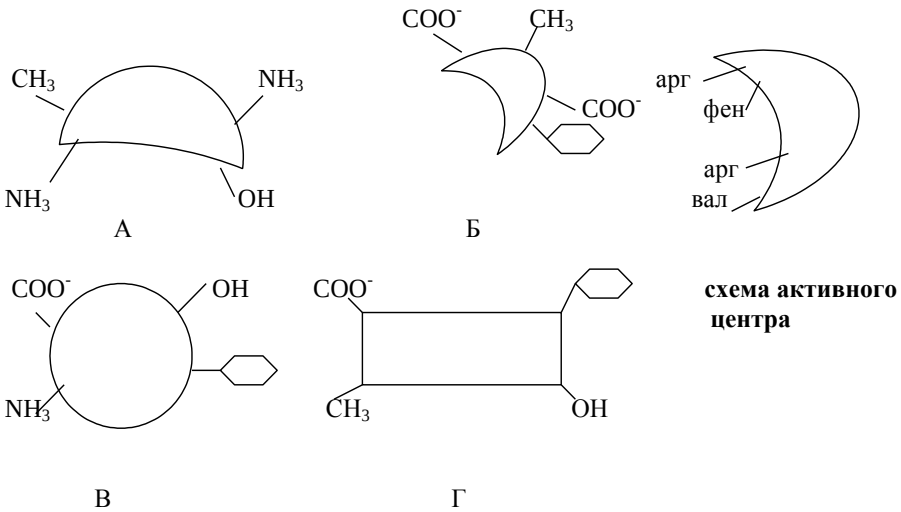
– активные центры формируются из аминокислотных остатков, сближенных на уровне третичной структуры;

– связи между белком и лигандом могут быть нековалентные и ковалентные;

– белки проявляют высокую специфичность при присоединении лигандов к центрам связывания;

– специфичность взаимодействия белков с лигандами обеспечивается комплементарностью структуры активного центра структуре лиганда.

В активный центр белка входят два остатка аргинина, один остаток фенилаланина и один остаток валина:



Ответьте на вопросы:

А. Какой из перечисленных лигандов (А, Б, В, Г) с наибольшей вероятностью будет взаимодействовать с активным центром данного белка и почему?

Б. Какие типы связей возникают в процессе образования комплекса «белок – лиганд»?

Задание 3. Вспомните основные реагенты и условия, вызывающие денатурацию. Ответьте на вопросы:

3.1. Денатурация белка сопровождается:

А. Изменением конформации белка.

Б. Уменьшением растворимости белка.

В. Изменением заряда белка.

Г. Нарушением первичной структуры белка.

3.2. Белки денатурируют в клетке в результате (выберите правильные ответы):

А. Повышения температуры.

Б. Изменения pH.

В. Действия протеолитических ферментов.

Г. Разрыва слабых связей, поддерживающих конформацию белка.

Д. Синтеза белков теплового шока.

Задание 4. Запомните строение и функции гемоглобина и миоглобина. Умейте дать сравнительную характеристику структуры и свойств этих белков. Ответьте, что происходит в ходе оксигенации гемоглобина:

А. Изменение конформации первого протомера, затем второго и т. д.

Б. Одновременное изменение конформаций всех протомеров.

В. Изменение связей между протомерами.

Г. Изменение валентности железа в гемах протомеров.

Задание 5. Вспомните, что белки являются амфолитами. Степень ионизации катионных и анионных групп, а, следовательно, и заряд молекулы белка, зависит от значения pH среды.

5.1. Определите суммарный заряд пентапептида при pH = 7: Глу-Арг-Лиз-Вал-Асп. Как изменится заряд этого пептида: а) при pH < 7; б) при pH > 7?

5.2. Усвойте понятия «изоэлектрическое состояние» и «изоэлектрическая точка» белка.

Ответьте, при каких значениях pH устойчивость растворов белков с изоэлектрическими точками 4,8; 5,3 и 6,1 будет наименьшей и почему?

Задание 6. Вспомните факторы, влияющие на растворимость белков. Ответьте, чем определяется растворимость белков в водной среде:

А. Ионизацией белковой молекулы.

Б. Гидратацией белковых молекул при растворении.

В. Формой молекулы белка.

Г. Способностью связывать природные лиганды.

Задание 7. Выберите правильный ответ. Гидролиз — это:

А. Образование гидратных оболочек.

Б. Распад полимеров до мономеров с участием воды.

В. Присоединение воды к молекуле без ее распада.

Г. Образование воды во время реакции.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Подберите верные пары утверждений:

1. Неполярные радикалы аминокислот.	А. Предпочтительное расположение — на поверхности белковой молекулы.
2. Полярные анионные радикалы.	Б. Взаимодействие их функциональных групп формирует вторичную структуру.
3. Оба.	В. Предпочтительное расположение — внутри белковой молекулы.
4. Ни один.	Г. Участвуют в формировании третичной структуры.

Задание 2. Центр связывания белка с лигандом представляет собой (выберите наиболее полный ответ):

А. Совокупность радикалов аминокислот, сближенных на уровне третичной структуры.

Б. Фрагмент полипептидной цепи.

В. Участок поверхности белковой молекулы, комплементарный лиганду.

Г. Простетическую группу белка.

Д. Фрагмент пептидного остова.

Задание 3. Лигандом α-протомера гемоглобина может быть:

А. Гем.
Б. Кислород.
В. β-Протомер.
Г. 2,3-Бисфосфоглицерат.
Д. α-Протомер.

Задание 4. Подберите верные пары утверждений:

А. Нативная рибонуклеаза.	1. Молекулы белка имеют одинаковую конформацию.
Б. Денатурированная рибонуклеаза.	2. Молекулы белка имеют одинаковую первичную структуру.
В. Обе.	3. У молекул нарушено связывание с природным лигандом.
Г. Ни одна.	4. Молекулы имеют различную молекулярную массу.

Задание 5. Пептид ферментативного гидролизата, не передвигавшийся в электрическом поле при электрофорезе, дансилировали и выделили дансилпроизводное Лей. Кислотный гидролиз пептида дал три пептида следующего состава: 1) Цис, Асп; 2) Тир, Лей; 3) Тир, Асп, Арг. Напишите формулу пептида, назовите пептид. В какой среде проводили электрофорез исходного гидролизата белка? Почему Вы так решили?

Задание 6. Трипсин гидролизует пептидные связи, образованные СООН группами диаминомонокарбоновых кислот. Трипсиновый гидролизат фракционировали методом электрофореза, и пептид с низкой подвижностью прогидролизовали кислотой. Получили 3 пептида следующего состава: 1) Лей, Мет; 2) Лей, Арг, Глу; 3) Мет, Тир. Напишите формулу пептида. Назовите его. В какой среде проводили электрофорез трипсинового гидролизата? Объясните свой выбор.

Ситуационная задача.

Ребёнок (1,5 года) поступил в приемное отделение с признаками гемолитического криза: повышение температуры тела, потеря сознания, бледность кожных покровов в сочетании с желтушностью, сплено- и гепатомегалия, припухлость нижних конечностей. В моче обнаружен гемоглобин. В крови концентрация гемоглобина снижена — 51 г/л, (нормальное содержание белка в сыворотке у детей до 6 лет — 56–85 г/л), снижена концентрация эритроцитов и увеличена концентрация ретикулоцитов. В мазке крови обнаружены серповидноклеточные эритроциты и эритроциты с тельцами Жолли (мелкие круглые включения фиолетово-красного цвета, которые являются остатками ядра в зрелом эритроците) и кольцами Кэбота (Кабо) (остатки оболочки ядра красного цвета в виде восьмерки).

Какое заболевание может быть диагностировано данному пациенту? С нарушением строения какого белка связано развитие данного заболевания? Какой уровень структурной организации белковых молекул затрагивается? Какие молекулярные методы диагностики могут быть проведены для подтверждения диагноза?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — А, Б, Г. 2 — В, Г. 3 — А, Б, В. 4 — А, Г.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1. Б, Е – 1; Г – 2; А – 3; Д – 4; В – 5; 1.2. 1 – Б, В; 2 – Г; 3 – А, В, Д, Е; 4 – А, В, Д, Е. 2 — А — лиганд Б; Б — ионные, гидрофобные. 3.1 — А, Б, В; 3.2 — А, Б, Г. 4 — А. 5.1 — «0», а) «++», б) «– –»; 5.2 — при pH = ИЭТ. 6 — А, Б, В. 7 — Б.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Высаливание белков.

Высаливание — обратимая реакция осаждения белков из раствора с помощью больших концентраций нейтральных солей: NaCl, $(NH_4)_2SO_4$, $MgSO_4$.

При высаливании белок и соль конкурируют за гидратную оболочку, но сродство к воде у соли больше, поэтому происходит дегидратация белка и частичное устранение его заряда. На процесс высаливания влияет ряд факторов: гидрофильность белка, его относительная молекулярная масса, заряд, в связи с чем для высаливания различных белков требуется разная концентрация одних и тех же солей. Альбумины осаждаются в насыщенном р-ре $(NH_4)_2SO_4$, а глобулины — в полунасыщенном растворе $(NH_4)_2SO_4$, так как у глобулинов бóльшая молекулярная масса, чем у альбуминов.

Высаливание белков — обратимая реакция, так как осадок белка может вновь растворяться после уменьшения концентрации солей путем диализа или разведения водой.

В соответствии с положением ионов в ряду Гофмейстера, хлорид натрия осаждает белки слабее, чем сульфат аммония, вследствие его меньшей дегидратирующей способности:

$SO_4^{2-} > Cl^- > Br^- > NO_3^- > I^- > CNS^-$

$Ca^{2+} > Li^+ > Na^+ > K^+ > Rb^+ > Cs^+$.

Разделение альбуминов и глобулинов яичного белка

Ход работы. К 20 каплям яичного белка добавляют 20 капель насыщенного р-ра $(NH_4)_2SO_4$ и перемешивают. Выпадает осадок яичного глобулина. Через 5 мин осадок отфильтровывают, используя бумажный фильтр. В фильтрате остается другой белок — яичный альбумин. К фильтрату добавляют измельченный порошок сульфата аммония до полного насыщения, т. е. пока новая порция порошка остается нерастворенной. Выпавший осадок альбумина также отфильтровывают. С фильтратом проводят биуретовую реакцию: к фильтрату добавляют 2 капли 1 % р-ра $CuSO_4$ + 5 капель 10 % р-ра NaOH. Отрицательная биуретовая реакция (голубое окрашивание) указывает на отсутствие белка в исследуемом растворе.

Результат:

Вывод:

Работа 2. Осаждение белков.

Необратимое осаждение (денатурация белка) приводит к нарушению пространственной структуры белка и потере им биологических свойств. При необратимых реакциях осаждения белки претерпевают глубокие изменения и не могут быть растворимы в первоначальном растворителе. К необратимым реакциям относятся: осаждение белка солями тяжелых металлов, минеральными и органическими кислотами, алкалоидными соединениями и осаждение при кипячении.

В медицинской практике денатурирующие агенты используют для стерилизации медицинских инструментов и материала (автоклавы), а также в качестве антисептиков (этанол, фенол, крезол, лизол, сулема).

2.1. ***Осаждение белков солями тяжелых металлов.***

Осаждение белков солями тяжелых металлов, в отличие от высаливания, происходит при небольших концентрациях солей. Белки при взаимодействии с солями тяжелых металлов (свинца, меди, серебра, ртути и др.) адсорбируют их, образуя солеобразные и комплексные соединения, растворимые в избытке этих солей (за исключением солей нитрата серебра и хлорида ртути), но нерастворимые в воде. Растворение осадка в избытке солей называется *адсорбционной пептизацией*. Это происходит вследствие возникновения одноименного положительного заряда на частицах белка.

Схема постановки опыта:

Реактивы	**1-я пробирка**	**2-я пробирка**
Раствор яичного белка	5 капель	5 капель
1 % р-р сульфата меди	1–2 капли	–
5 % р-р нитрата серебра	–	1–2 капли
Отметить образование осадка		
1 % р-р сульфата меди (избыток)	5–10 капель	–
5 % р-р нитрата серебра (избыток)	–	5–10 капель
Отметить растворение осадка		

Вывод:

2.2. ***Осаждение белков концентрированными минеральными кислотами.***

Концентрированные минеральные кислоты вызывают денатурацию белка и образуют комплексные соли белка с кислотами. Ортофосфорная кислота осадка не дает. В избытке всех минеральных кислот, за исключением азотной, выпавший осадок белка растворяется.

Схема постановки опыта:

Реактивы	**1-я пробирка**	**2-я пробирка**
HNO_3 (конц.)	10 капель	–
H_2SO_4 (конц.)	–	10 капель
Осторожно, по стенке пробирки, добавляют белок	10 капель	10 капель
Отметить появление осадка на границе раздела фаз		

Реактивы	1-я пробирка	2-я пробирка
Избыток HNO_3 (конц.)	10 капель	–
Избыток H_2SO_4 (конц.)	–	10 капель
Отметить растворение осадка		

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 3
МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ, ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ БЕЛКОВ. СЛОЖНЫЕ БЕЛКИ. ГЕЛЬ-ФИЛЬТРАЦИЯ

Актуальность темы. Особенности строения и функционирования организма зависят от набора белков, которые в нем синтезируются. Белки выполняют в организме самые разнообразные функции, которые всегда определяются их структурой. Для изучения строения и свойств белков их необходимо выделить из клетки и очистить от других белков и неорганических примесей.

Цель занятия: закрепить знания о физико-химических свойствах белков для того, чтобы понять методы разделения и очистки белков, а также принципы функционирования белков в организме; освоить метод гель-фильтрации.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *общей химии*:
- физико-химические свойства дисперсных систем;
- основы хроматографии и электрофореза.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Электрофорез коллоидных растворов и растворов белков применим для:

А. Очистки воды. В. Очистки лекарственных препаратов.
Б. Определения заряда эритроцитов. Г. Разделения белков.

Задание 2. Скорость электрофореза растворов белков зависит от:

А. Величины заряда макроиона белка. В. Вязкости раствора.
Б. Формы макроиона белка. Г. pH раствора.

Задание 3. Все хроматографические методы основаны на:

А. Различии в размерах молекул разделяемых веществ.

Б. Различии в скоростях передвижения отдельных компонентов смеси в подвижной фазе.

В. Различии в степени распределения веществ между подвижной и стационарной фазами.

Г. Многократном повторении актов сорбции и десорбции разделяемых веществ.

Задание 4. Степень распределения разделяемых веществ между стационарной и подвижной фазами (коэффициент распределения) количественно выражается:

А. Концентрацией вещества в подвижной фазе.

Б. Соотношением концентраций вещества в стационарной и подвижной фазах.

В. Соотношением скоростей перемещения различных компонентов смеси.

Г. Концентрацией вещества в неподвижной фазе.

Задание 5. В какой последовательности выйдут при вымывании их неполярным растворителем из колонки, заполненной активированным углем, следующие пигменты, если степень их полярности возрастает в ряду: каротин < ксантофиллы < α-хлорофилл < β-хло-рофилл?

А. Ксантофиллы, каротин, α-хлорофилл, β-хлорофилл.

Б. Каротин, ксантофиллы, α-хлорофилл, β-хлорофилл.

В. β-хлорофилл, α-хлорофилл, ксантофиллы, каротин.

Г. Каротин, ксантофиллы, β-хлорофилл, α-хлорофилл.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Методы разделения белков:

1) высаливание;

2) хроматография (распределительная, ионообменная, аффинная, гель-хроматография);

3) электрофорез (на бумаге, в полиакриламидном геле с использованием додецилсульфата натрия — ДДС-Na, изоэлектрофокусирование, иммуноэлектрофорез);

4) ультрацентрифугирование.

2. Методы очистки белков от низкомолекулярных примесей (диализ, гель-хроматография).

3. Вестерн-блот (назначение, этапы, молекулярные зонды).

4. Строение и функции сложных белков.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 49–50, 56–75.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 21–28, 40–44.

3. *Биологическая* химия / А.Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 26–31.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Биохимия* человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993.

3. *Березов, Т. Т.* Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. Москва : Медицина, 1990. С. 20–28, 65–76.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Вспомните, что заряд белка или пептида зависит от суммы зарядов аминокислот, которые входят в его состав, и от pH раствора, в котором находится данный белок или пептид. Повторите понятия «изоэлектрическая точка» и «изоэлектрическое состояние» белка.

1.1. Определите суммарный заряд пептида при pH = 7,0: Глу-Арг-Гис-Вал-Асп-Тре. Как изменится суммарный заряд этого пептида: а) в кислой среде; б) в щелочной среде?

1.2. Сравните направление движения в электрическом поле двух пептидов при pH = 7,0 (к катоду или к аноду):

а) Сер-Цис-Глу-Тир-Асп; б) Вал-Арг-Мет-Фен-Тир.

Задание 2. Вспомните физико-химические свойства, лежащие в основе методов разделения и очистки белков. Объясните принцип каждого метода и ответьте на вопросы:

2.1. Хроматографию применяют для:

А. Разделения веществ.

Б. Очистки веществ.

В. Идентификации веществ.

Г. Концентрирования веществ.

2.2. Метод ионообменной хроматографии основан на:

А. Различии в размерах молекул разделяемых веществ.

Б. Избирательном взаимодействии молекул разных веществ со специфическим лигандом.

В. Ионообменной адсорбции.

2.3. Какие из приведенных методов позволяют разделить смесь белков по молекулярной массе?

А. Распределительная хроматография.

Б. Электрофорез в полиакриламидном геле с ДДС-Na.

В. Ультрацентрифугирование.

Г. Гель-фильтрация.

Д. Ионообменная хроматография.

2.4. Подберите к пронумерованному методу разделения и очистки белков их соответствующие свойства, на которых основан данный метод:

А. Различия по величине заряда.	1. Гель-фильтрация.
Б. Различия по молекулярной массе.	2. Электрофорез в полиакриламидном геле.
В. Различия по величине заряда и молекулярной массе.	3. Аффинная хроматография.
Г. Различия по другим свойствам.	4. Ионообменная хроматография.

Задание 3. Ознакомьтесь с современными методами идентификации белков (блот-анализ) и ответьте на вопрос. В качестве зонда при проведении блот-анализа (Вестерн-блот) используют:

А. Меченые антитела к искомому белку.

Б. Пероксидазу хрена.

В. Казеин молока.

Г. Альбумины.

Задание 4. Вспомните, что белки, кроме аминокислот, могут содержать в своем составе другие соединения (углеводы, липиды, ионы металлов и т. д.). Небелковая часть является простетической группой. Такие белки называют сложными. Выучите классификацию сложных белков.

4.1. Выберите сложные белки, у которых связь между белком и простетической группой ковалентная:

А. Гемоглобин. В. Ихтулин. Д. Тиреотропный гормон.

Б. Цитохром P_{450}. Г. Интерферон.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

ПРОВЕРЬТЕ ВАШИ ЗНАНИЯ (САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ)

Задание 1. Назовите известные Вам методы, с помощью которых можно разделить смесь белков, приведенных в таблице. Укажите, различия каких физико-химических свойств белков лежат в основе каждого метода разделения.

Название белка	Молекулярная масса, Да	ИЭТ
Церулоплазмин	151 000	4,4
γ-Глобулин	150 000	6,3
β-Лактальбумин	37 000	5,2

Задание 2. В какой последовательности выйдут из колонки, заполненной сефадексом G-200, следующие белки: пепсин (М = 36000), миоглобин (М = 17000), каталаза (М = 250000) при вымывании их растворителем:

А. Каталаза, пепсин, миоглобин. В. Миоглобин, каталаза, пепсин.

Б. Пепсин, миоглобин, каталаза. Г. Миоглобин, пепсин, каталаза.

Задание 3. Подберите к пронумерованному методу разделения и очистки белков соответствующие принципы, на которых основан данный метод:

А. Ультрацентрифугирование.
Б. Гель-фильтрация.
В. Электрофорез в полиакриламидном геле.
Г. Распределительная хроматография.
Д. Аффинная хроматография.

1. Метод основан на различной полярности веществ.
2. Метод основан на различиях в молекулярной массе белков.
3. Метод основан на комплементарном присоединении белка к иммобилизованному лиганду.
4. В основе метода лежит использование различий в молекулярной массе и заряде белков.

Задание 4. В 1987 году были установлены критерии для интерпретации серологического теста при проведении вестерн-блота на ВИЧ. Эти критерии следующие:

Нет полос	Отрицательная проба
Наличие полос, соответствующих p31 или p24, и полос, соответствующих gp160 или gp120	Положительная проба
Полосы присутствуют, но не соответствуют критериям положительной пробы	Сомнительная проба

gp160 — предшественник белка вирусной оболочки;

gp120 — белок вирусной оболочки;

p24 — белок вирусного ядра;

p31 — обратная транскриптаза.

В таблице (см. ниже) приведены результаты блот-анализа для диагностики СПИДа, проанализируйте полученную картину и ответьте на вопросы:

4.1. Что выявляет этот тест?

А. Только антитело к ВИЧ.

Б. Только антиген ВИЧ.

В. Присутствие свободного циркулирующего вируса у пациента.

Г. Присутствие вируса только в инфицированных лимфоцитах.

4.2. Вторичные антитела связывают:

А. Белки ВИЧ.

Б. Только антивирусные первичные антитела человека.

В. Первичное антитело.

Г. Ферментный конъюгат.

4.3. Кто из обследуемых людей является иммунодефицит-положительным по результатам Вестерн-блота?

А. Пациент А.

Б. Пациенты В и С.

В. Пациент С.

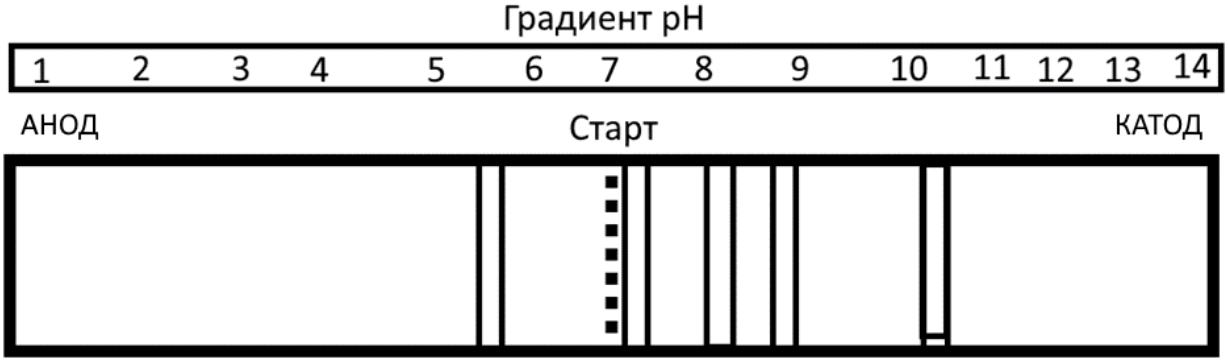
Г. Пациент В — неопределенный, а пациент С — положительный.

	1	2	A	B	C	Интерпретация полос:
gp160	–			–		1 — вирус + сыворотка (положительный контроль)
gp120	–			–	–	2 — вирус – сыворотка (отрицательный контроль)
p55	–			–		A — пациент А
gp41	–			–		B — пациент В
p31	–			–		C — пациент С
p24	–			–	–	

Ситуационная задача.

Смесь пептидов Р1, Р2, Р3, Р4, Р5, имеющих одинаковую молекулярную массу, разделяли методом изоэлектрофокусирования. Идентификацию пептидов проводили путем окрашивания геля бромфеноловым синим.

Укажите на рисунке зоны, соответствующие каждому из пептидов, зная значения их изоэлектрических точек: Р1=8,7; Р2=10,2; Р3=5,5; Р4=8,2; Р5=7,2. Опишите принцип метода. На каком свойстве пептидов основан данный метод разделения?



Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1, 2 — все правильные. 3 — В. 4 — Б. 5 — Б.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1. «0» а) «+ +»; б) «– –»; 1.2. 1) к аноду; 2) к катоду. 2.1 — А, Б, В, Г; 2.2 — В; 2.3 — Б, В, Г; 2.4. 1 – Б, 2 – В, 3 – Г, 4 – А. 3 — А. 4.1 — В, Г, Д.

Лабораторная работа (70 минут)

Колоночная гель-фильтрация. Для гель-фильтрации используют так называемые молекулярные сита — инертные гидратированные полисахаридные молекулы. Их получают из бактериальных полисахаридов (сефадексы), агара или полимеризованных акриламидных гелей (акрилекс). При набухании в растворе гранул геля в них образуются поры, через которые могут проходить молекулы разных размеров (в зависимости от величины пор). Молекулы, которые хорошо проникают внутрь гранул, проходят через хроматографическую колонку медленнее, чем более крупные молекулы. Эффективность разделения смеси веществ определяют по составу вытекающего из колонки раствора (элюата).

***Ход работы*:**

1. Колонку для гель-фильтрации закрыть резинкой-заглушкой, поставить в пробирку. Содержимое стаканчика с сефадексом перемешать и влить в колонку. Дать отстояться, снять заглушку. Жидкость при этом свободно вытекает из колонки.

2. Из бюретки в пробирку отмерить 1 мл белка (высокомолекулярное соединение) и добавить 3–5 капель рибофлавина (низкомолекулярное соединение).

3. В 12 чистых пробирок отмерить из бюретки по 1 мл биуретового реактива. Колонку поместить в первую пробирку с биуретовым реактивом, удалить слой жидкости над сефадексом и внести в колонку разделяемый образец (смесь: белок + рибофлавин).

После погружения нанесенного раствора в сефадекс колонку переставить в другую пробирку с биуретовым реактивом, аккуратно заполнить расширенную

часть колонки водой и, отсчитав 5–7 капель вытекающей из колонки жидкости, переставить колонку в следующую пробирку. Повторять до выхода белков из колонки (положительная биуретовая реакция), постоянно добавляя в колонку воду.

4. По окончании работы (появление желто-зеленого окрашивания в пробирке с биуретовым реактивом, которое обусловлено вытеканием рибофлавина) содержимое колонки выдувают в стаканчик и ополаскивают колонку водой.

Результат:

№ пробирки	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Цвет раствора												
Вывод (что присутствует в р-ре)												

Вывод:

Подпись преподавателя:

ФЕРМЕНТЫ

Занятие 4
ФЕРМЕНТЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ

Актуальность темы. Ферменты — это биологические катализаторы белковой природы, которые контролируют практически все химические процессы, протекающие в живых организмах. В отличие от небелковых катализаторов каждый фермент способен катализировать лишь очень небольшое число реакций, часто только одну.

Знание энзимологии имеет большое значение для подготовки и практической деятельности врача. Многие болезни (врожденные нарушения метаболизма) определяются генетически обусловленными нарушениями в синтезе ферментов. При повреждении клеток (вызванном, например, недостатком кровообращения или воспалением) некоторые ферменты попадают в плазму крови. Измерение активности таких ферментов обычно используется для диагностики многих распространенных заболеваний. Диагностическая энзимология — область медицины, использующая определение активности ферментов для диагностики заболеваний и контроля за эффективностью лечения. Ферменты применяются и в терапии.

Цель занятия: научиться применять знания о свойствах ферментов и ферментном составе органов при последующем изучении метаболизма органов и систем, а также для решения вопросов диагностики, профилактики и лечения болезней, связанных с нарушением функционирования ферментов.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

▪ *общей химии*:

– общие закономерности и механизмы протекания химических реакций;

– основные положения теории катализа;

▪ *биоорганической химии*:

– классификация органических реакций по направлению и результатам реакции;

– свойства и строение белков;

– строение коферментов, биологическая роль;

– качественные реакции на крахмал и глюкозу, используемые для оценки степени гидролиза крахмала.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Катализаторы увеличивают скорость реакции, так как:

А. Изменяют свободную энергию реакции.

Б. Уменьшают скорость обратной реакции.

В. Изменяют состояние равновесия реакции.

Г. Уменьшают энергию активации.

Д. Избирательно увеличивают скорость прямой реакции, но не увеличивают скорость обратной реакции.

Задание 2. Подберите соответствующие пары вопрос – ответ:

А. Водородные связи.	1. Участвуют в образовании вторичной структуры.
Б. Ионные связи.	2. Участвуют в формировании первичной структуры.
В. Гидрофобные связи.	3. Участвуют в формировании третичной структуры.
Г. Пептидные связи.	4. Участвуют в формировании четвертичной структуры.
Д. Дисульфидные связи.	

Задание 3. Назовите коферменты, структура которых изображена схематически ниже:

3.1. Изоаллоксазин – рибитол – остаток фосфорной кислоты – остаток фосфорной кислоты – рибоза – аденин.

3.2. Никотинамид – рибоза – остаток фосфорной кислоты – остаток фосфорной кислоты – рибоза – аденин.

Задание 4. Вам даны четыре пробирки с неизвестными растворами. Проделав реакцию с реактивом Люголя, получили следующие окраски: 1) синяя; 2) бурая; 3) желтая; 4) фиолетовая.

4.1. В какой пробирке произошел полный гидролиз крахмала?

А. В первой пробирке. В. В третьей пробирке.

Б. Во второй пробирке. Г. В четвертой пробирке.

4.2. Какое вещество образовалось при кратковременном гидролизе крахмала?

А. Глюкоза. Б. Декстрины. В. Сахароза.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Особенности ферментов как белковых катализаторов.
2. Современная классификация ферментов и номенклатура ферментов (систематическое и рабочее названия). Шифр ферментов. Общая характеристика классов.
3. Строение ферментов. Коферменты, их классификация и роль в катализе. Блок-схемы структуры $НАД^+$, $НАДФ^+$, ФАД и ФМН.
4. Кинетика ферментативных реакций. Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата, pH, температуры (молекулярный механизм, графическая зависимость). Константа Михаэлиса ($К_m$), использование $К_m$ для прогнозирования протекания биохимических реакций.
5. Специфичность действия ферментов. Виды специфичности.
6. Единицы активности ферментов.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 76–80, 89–109.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 46–49, 53–54, 56–66.
3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович, [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 38–56, 62–68.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.
2. *Биохимия* человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Обратите внимание на то, что катализаторы:

а) увеличивают скорость химической реакции;

б) в процессе реакции не расходуются;

в) в равной степени катализируют как прямую, так и обратную реакции.

1.1. Запомните, что белковая природа ферментов обусловливает специфичность их действия.

1.2. Подберите соответствующие пары вопрос – ответ:

1. Увеличивают энергию активации.	А. Небиологические катализаторы.
2. В процессе реакции не расходуются.	
3. Неспецифичны.	Б. Ферменты.
4. Ингибируются аналогами субстрата.	В. Обе группы катализаторов.
	Г. Ни один из катализаторов.

1.3. Запишите, в общем виде, реакцию с участием фермента, используя символы: S-субстрат, E-фермент, ES-промежуточный комплекс, P-продукт.

1.4. Назовите основные факторы, влияющие на активность ферментов.

Решите задачу. Оптимальные условия для действия глутаматдегидрогеназы: t — 37 °С, pH — 7,5. При изменении температуры инкубационной пробы до 75 °С и pH инкубационной среды до 4,5 скорость ферментативной реакции снизилась на 50 %. Объясните причину снижения скорости реакции.

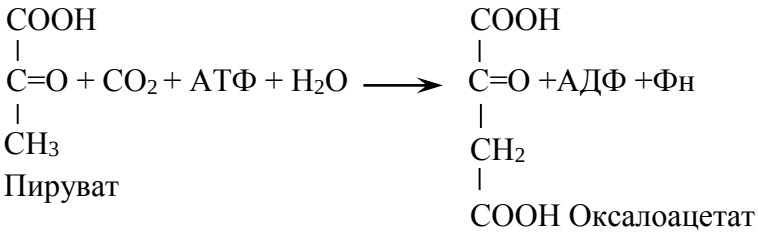
Задание 2. Запомните, чтобы назвать ферменты по написанным реакциям, требуется:

– сравнить структуру субстратов и продуктов;

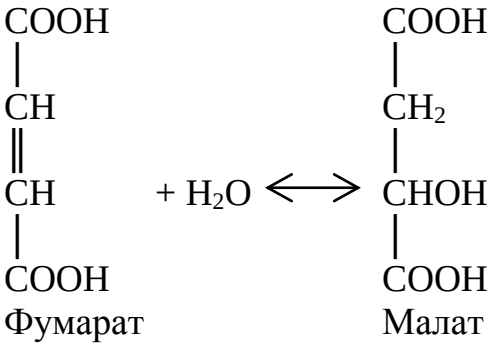
– определить тип превращения.

2.1. Укажите класс и название ферментов, катализирующих следующие реакции:

2.1.1.



2.1.2.



Задание 3. Изобразите схематически структуру коферментов: $НАД^+$, $НАДФ^+$, ФАД, ФМН.

Задание 4. Рассчитайте удельную активность ацетилхолинэстеразы, если 5 мг фермента за 30 с расщепляют 200 мкмоль ацетилхолина.

Задание 5. Нормальные клетки способны превращать аспарагиновую кислоту в аспарагин. Некоторые лейкозные клетки лишены этой способности. Добавление аспарагиназы (фермента, расщепляющего аспарагин) в кровь больных лейкозом может привести к гибели раковых клеток. Какой вид специфичности проявляет этот фермент?

А. Относительную. Б. Абсолютную. В. Стереоспецифичность.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. В лаборатории выделили фермент лизоцим и определили его активность при различных значениях pH среды. Установили, что ферментативная активность лизоцима максимальна при pH 5,2 и уменьшается как при снижении, так и при повышении этого значения pH. Какова основная причина данного явления?

А. Изменение конформации молекулы фермента.

Б. Утрата комплементарности активного центра и субстрата.

В. Изменение ионизации функциональных групп фермента.

Г. Гидролиз пептидных связей фермента.

Д. Уменьшение свободной энергии реакции.

Задание 2. Экспериментально доказали, что активный центр фермента лизоцима содержит аминокислотные остатки глутаминовой и аспарагиновой кислот, необходимых для катализа. Какие группы в составе субстрата функционально важны для фермента?

А. Аминогруппы.

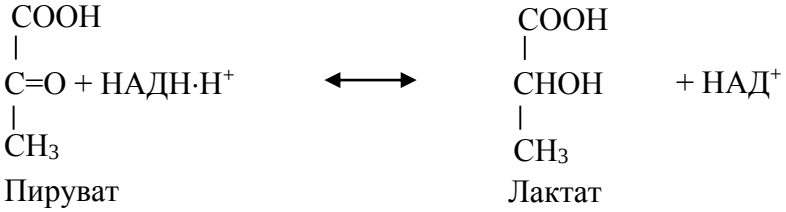
Б. Карбоксильные группы.

В. Тиогруппы.

Г. Алкильные радикалы.

Д. Гидроксильные группы.

Задание 3. Температура 37 °С, pH 7,5 — оптимальные условия для действия лактатдегидрогеназы (ЛДГ), катализирующей превращение:



3.1. Объясните причины уменьшения активности фермента:

а) при повышении температуры до 60 °С;

б) при хранении фермента в буферном растворе с pH 5,0;

3.2. Рассчитайте удельную активность фермента, если за 5 с 10 мг ЛДГ вызывает превращение 80 мкмоль пирувата; запишите размерность этой величины.

3.3. По изменению концентрации каких веществ можно определить активность ЛДГ?

Ситуационная задача.

Многие заболевания приводят к накоплению в плазме крови молочной, ацетоуксусной и β-гидроксимасляной кислот. Интенсивное накопление данных веществ является причиной возникновения ацидоза, т. е. смещения pH крови ниже нормы (норма pH крови 7,36–7,44).

Поясните, в чем состоит опасность ацидоза для ферментов? Какие вы знаете ферменты, для которых оптимальным значением pH является pH<7 (кислая среда)? Какие вы знаете ферменты, для которых оптимальным значением pH является pH>7 (щелочная среда)?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — Г; 2 (1 – А; 2 – Г, Д; 3 – А, Б, В, Д; 4 – А, Б, В, Д);

3.1 — ФАД; 3.2 — $НАД^+$; 4.1 — В; 4.2 — Б.

***Для самостоятельной работы*:**

1.2 (1 – Г; 2 – В; 3 – А; 4 – Б).

1.4. При повышении температуры до 75 °С скорость ферментативной реакции снижается, так как вследствие денатурации количество активных молекул фермента уменьшается.

От pH зависят:

– ионизация аминокислотных остатков, включенных в катализ;

– ионизация субстрата;

– конформация фермента и его активного центра.

2.1.1. Лигаза, пируваткарбоксилаза.

2.1.2. Лиаза, фумаратгидратаза.

4. Международные единицы: 1,33 мккатал/мг фермента; стандартные единицы: 80 мкмоль/мин/мг фермента.

5 — Б.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Изучение влияния различных факторов на скорость ферментативных реакций.

1.1. ***Определение активности амилазы слюны и ее термолабильности.***

Одним из характерных свойств ферментов является термолабильность, т. е. чувствительность фермента к температуре, при которой протекает ферментативная реакция. Для большинства ферментов температурный оптимум наблюдается при 38–40 °С. Ферменты при нагревании свыше 70 °С, как правило, утрачивают свойства биологических катализаторов.

Гидролиз крахмала под действием α-амилазы слюны происходит до стадии образования декстринов. Нерасщепленный крахмал с йодом дает синее окрашивание. Декстрины, в зависимости от размера, дают с йодом различное окрашивание: амилодекстрины — фиолетовое, эритродекстрины — красно-бурое, мальтоза — желтое. Конечные продукты гидролиза крахмала — мальтоза и глюкоза — имеют свободные альдегидные группы и могут быть обнаружены реакцией Троммера.

О действии фермента судят по уменьшению количества субстрата или появлению продуктов реакции.

Ход работы. Слюну предварительно разводят водой в 10 раз. В чистую пробирку отливают небольшое количество разведенной слюны (2–3 мл) и кипятят ее в течение 5 мин, после чего охлаждают. В 3 пробирки наливают по 10 капель 1 % раствора крахмала. В 1-ю пробирку добавляют 10 капель некипяченой слюны, разведенной в 10 раз, во 2-ю — 10 капель прокипяченной слюны,

в 3-ю — 10 капель воды в качестве контроля. Все пробирки помещают в термостат при температуре 38 °С на 10 мин. После этого с содержимым пробирок проводят качественные реакции на крахмал и продукты его расщепления.

Реакция на крахмал. К 5 каплям исследуемого раствора приливают 1 каплю раствора йода в йодиде калия (реактив Люголя). В присутствии крахмала появляется синее окрашивание.

Реакция на глюкозу (реакция Троммера). К 5 каплям исследуемой жидкости приливают 5 капель 10 % раствора NaOH и 3 капли 1 % раствора сульфата меди. Осторожно кипятят 1 мин до появления красного окрашивания, которое указывает на наличие глюкозы.

Результаты опыта запишите в виде таблицы:

№ пробирки	Реакция с реактивом Люголя	Реакция Троммера
1 (некипяченая слюна)		
2 (прокипяченная слюна)		
3 (H_2O)		

Вывод:

1.2. *Влияние pH среды на активность ферментов.*

Для разных ферментов существует свой оптимум pH, при котором фермент наиболее активен. Например, для пепсина оптимум pH — 1,5–2,5, для аргиназы — 9,5. Определите оптимум pH для амилазы слюны по следующей методике.

Ход работы. Слюну предварительно разводят водой в 10 раз. Берут 3 пробирки и в каждую наливают по 2 мл буферного раствора с различным значением pH: 6,0; 6,8; 8,0. Затем приливают по 1 мл 1 % раствора крахмала и по 1 мл разведенной слюны. Перемешивают содержимое пробирок и помещают в термостат при 38 °С на 10 мин. Затем во все пробирки добавляют по 1 капле раствора йода, перемешивают, наблюдают окраску и отмечают pH, при котором амилаза действует наиболее активно.

Результаты опыта запишите в виде таблицы:

pH среды	6,0	6,8	8,0
Реакция с реактивом Люголя			

Вывод:

1.3. ***Влияние активаторов и ингибиторов на активность амилазы слюны.***

Ход работы. В три пробирки наливают по 1 мл слюны, разведенной в 10 раз. В первую пробирку добавляют 2 капли воды, во вторую — 2 капли 1 % раствора NaCl, в третью — 2 капли 1 % раствора $CuSO_4$. После этого во все пробирки добавляют по 5 капель 1 % раствора крахмала и оставляют их при комнатной температуре на 2 мин. Затем во все пробирки добавляют по 1 капле раствора Люголя, перемешивают, наблюдают окраску и определяют, в какой пробирке действует активатор или ингибитор.

Результат:

Номер пробирки	**1 (H_2O)**	**2 (NaCl)**	**3 ($CuSO_4$)**
Реакция с реактивом Люголя			

Вывод:

Работа 2. Специфичность ферментов

В отличие от неорганических катализаторов, ферменты обладают специфичностью (абсолютной, относительной, стереоспецифичностью). Это свойство определяется уникальным строением активного центра каждого фермента. Определите тип специфичности амилазы слюны по следующей методике.

Ход работы. Для исследования специфичности амилазы берут слюну, разведенную в 10 раз, и наливают по 1 мл в 2 пробирки.

В 1-ю пробирку добавляют 1 мл 1 % раствора крахмала, во 2-ю — 1 мл 1 % раствора сахарозы. Обе пробирки помещают на 10 минут в термостат при 38 °С, после чего проводят реакцию Фелинга для обнаружения глюкозы.

Реакция Фелинга**:** к 15 каплям исследуемого раствора прибавить равный объем реактива Фелинга и довести до кипения. При положительной реакции на глюкозу наблюдается красное окрашивание, которое дает закись меди.

Результат:

№ пробирки	**Фермент**	**Субстрат**	**Реакция Фелинга**
1			
2			

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 5
РЕГУЛЯЦИЯ ДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ

Актуальность темы. Знание механизмов, посредством которых клетки и целые организмы координируют и регулируют весь набор метаболических процессов, важны при исследованиях в разных областях биомедицинских наук. Из всех факторов, от которых зависит определение активности фермента — концентрация фермента и субстрата, температура, pH и присутствие регуляторов, наибольший клинический интерес представляют два последних.

Активаторы и ингибиторы влияют на активность фермента, способствуя формированию или блокированию его активного центра. Они могут взаимодействовать с аллостерическим центром и, тем самым, менять ферментативную активность. Нередко ингибиторы — продукты промежуточных или конечных реакций какого-либо биохимического процесса. Некоторые природные или синтетические вещества оказывают избирательное ингибирующее действие на ферменты и используются в качестве лекарственных веществ. В больших дозах подобные вещества могут оказаться ядами.

Большинство лекарственных препаратов оказывает свое действие, влияя на соответствующие ферментативные реакции. Многие такие препараты сходны с природными субстратами и потому могут действовать как конкурентные ингибиторы ферментов. Чтобы понять многие процессы, которые существенны для фармакологии и токсикологии, необходимо иметь четкое представление о механизмах ингибирования ферментов.

Цель занятия: научится использовать знания о механизмах регуляции активности ферментов в последующем изучении клинических дисциплин для усвоения принципов диагностики заболеваний и контроля за эффективностью лечения, а также для понимания механизмов действия лекарственных препаратов, регулирующих активность ферментов.

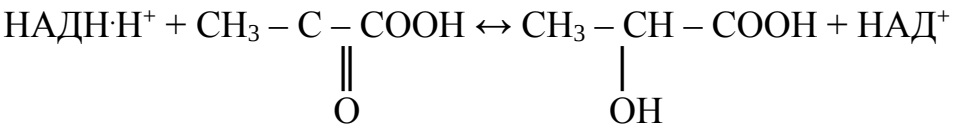
Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *общей химии*:
  - основные положения теории катализа;
- *биоорганической химии*:
  - примеры различных типов химических реакций;
  - конформационные превращения белков.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Известно, что скорость взаимодействия веществ А и В увеличилась в три раза после добавления вещества К. В качестве конечных продуктов обнаруживается вещество АВК. Является ли вещество К катализатором?

Задание 2. При интенсивной мышечной работе в скелетной мускулатуре накапливается молочная кислота, образующаяся в реакции:



К какому типу относится приведенная реакция?

А. Окислительно-восстановительная реакция.

Б. Реакция гидролиза.

В. Реакция синтеза.

Г. Реакция электролиза.

Задание 3. Вещества А и В взаимодействуют по схеме А + В ↔ АВ. При заданной концентрации А и В через 30 минут устанавливается подвижное равновесие, т. е. скорости прямой и обратной реакции уравниваются. Какую из приведенных характеристик реакции изменит внесение катализатора?

А. Скорость только прямой реакции.

Б. Константу равновесия.

В. Скорость только обратной реакции.

Г. Время наступления равновесия.

Д. Концентрацию продуктов реакции.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Механизм ферментативного катализа. Теория промежуточных фермент-субстратных комплексов, типы связей.

2. Представление об активном центре фермента, его организация. Теории, объясняющие работу активного центра (Э. Фишер, Д. Кошленд).

3. Особенности строения и характеристика аллостерических ферментов, аллостерический центр.

4. Механизмы регуляции скорости ферментативных процессов: регуляция количества ферментов (синтез, распад), активности ферментов, изменение количества субстрата, наличие изоферментов, объединение ферментов в полиферментные комплексы, компартментализация процессов.

5. Регуляция активности ферментов: ковалентная модификация, активаторы и ингибиторы (примеры). Виды ингибирования (необратимое и обратимое, изостерическое и аллостерическое), характеристика, примеры.

6. Изоферменты. Примеры, биологическая роль.

7. Медицинские аспекты энзимологии.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 80–97, 109–134.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 58–60, 68–86.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 55–62, 68–75.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Биохимия* человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993.

2. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Получите представление о механизмах ферментативного катализа. Обратите внимание на то, что:

а) в активный центр входят радикалы аминокислот различных участков полипептидного остова;

б) активный центр составляет относительно небольшую часть объема фермента;

в) активный центр располагается в углублении фермента.

1.1. Ускорение реакции в присутствии фермента происходит за счет образования промежуточного фермент-субстратного комплекса. Какие связи стабилизируют этот комплекс?

А. Ионные.
Б. Водородные.
В. Пептидные.
Г. N-гликозидные.
Д. Сложноэфирные.

1.2. Методом ИК-спектроскопии изучали природу связей между субстратом и связывающим участком активного центра фермента. В чем заключается взаимодействие фермента и субстрата по Д. Кошленду?

А. Изменяется только конформация активного центра фермента.

Б. В молекуле фермента изменяется конформация аллостерического центра под действием субстрата.

В. При образовании фермент-субстратного комплекса в ферменте и субстрате одинаково изменяется напряжение химических связей.

Г. Активный центр подходит к субстрату, как ключ к замку.

Задание 2. Усвойте, что действие ферментов можно полностью или частично подавить (ингибировать) определенными химическими веществами (ингибиторами). Дайте характеристику основным типам ингибиторов.

2.1. При исследовании влияния салицилатов на активность фермента глутаматдегидрогеназы установлено, что с увеличением концентрации субстрата (глутамата) от 1,5 до 8 ммоль степень ингибирования не изменяется. Удалив ингибитор, активность фермента можно восстановить. Определите тип ингибирования:

А. Необратимое.

Б. Обратимое конкурентное.

В. Обратимое неконкурентное.

Г. Ингибирование по принципу «обратной связи».

2.2. Для лечения некоторых инфекционных заболеваний, вызываемых бактериями, применяются сульфаниламидные препараты, блокирующие синтез фолиевой кислоты — фактора роста бактерий. Выберите механизм действия сульфаниламидных препаратов:

А. Являются ферментами.

Б. Участвуют в окислительно-восстановительных процессах.

В. Являются аллостерическими ингибиторами.

Г. Конкурируют с п-аминобензойной кислотой за место связывания с активным центром фермента, синтезирующего фолиевую кислоту.

Д. Ингибируют всасывание фолиевой кислоты.

Задание 3. Усвойте основные способы регуляции каталитической активности ферментов и понятие «изоферменты».

3.1. В клинику доставили пациента с приступом бронхиальной астмы. У больного вследствие дыхательного ацидоза (pH крови 7,2) снижена активность ферментов плазмы. Укажите основную причину инактивации ферментов плазмы крови:

А. Изменение степени ионизации молекул ферментов.

Б. Необратимая денатурация.

В. Разрыв пептидных связей.

Г. Изменение концентрации ферментов.

Д. Репрессия синтеза ферментов.

3.2. При обследовании больного установлено повышение в крови активности изоферментов креатинкиназы ММ и МВ. Укажите их общие свойства:

А. Термолабильность.

Б. Чувствительность к различным ингибиторам.

В. Электрофоретическая подвижность.

Г. Молекулярная масса.

Д. Катализ одной и той же реакции.

3.3. К какому классу относится этот фермент (см. 3.2)?

А. Оксидоредуктазы.
Б. Трансферазы.
В. Лиазы.
Г. Гидролазы.
Д. Изомеразы.
Е. Лигазы.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Больной С. после приема внутрь 20 мл метанола в тяжелом состоянии доставлен в клинику, где ему ввели внутривенно этиловый спирт в количестве, которое у здорового человека вызывает интоксикацию. Объясните, почему такое лечение оказывается эффективным, учитывая, что высокая токсичность метанола обусловлена действием продукта его метаболизма — формальдегида, образующегося в печени под действием алкогольдегидрогеназы:

А. Этанол — конкурирующий субстрат для алкогольдегидрогеназы.

Б. Этанол вызывает денатурацию фермента.

В. Вследствие изменения pH среды.

Г. Происходит частичный протеолиз молекулы фермента.

Д. Этанол связывает формальдегид.

Задание 2. При лечении опухолей мочеполовой системы в клинике применяется препарат метотрексат, обратимый конкурентный ингибитор дигидрофолатредуктазы, катализирующей синтез тетрагидрофолиевой кислоты. На взаимодействии с каким компонентом основан механизм действия этого препарата?

А. Апоферментом.

Б. Активным центром фермента.

В. Аллостерическим центром фермента.

Г. Простетической группой.

Д. Субстратом.

Задание 3. Кроме H^+ и углекислого газа, связывание кислорода гемоглобином регулируется 2,3-бисфосфоглицератом, который присоединяется к белку в участках, пространственно удаленных от гема. Как называется такой вид регуляции?

А. Регуляция по принципу обратной связи.

Б. Частичный протеолиз молекулы фермента.

В. Присоединение или отщепление белка-регулятора.

Г. Присоединение или отщепление низкомолекулярного эффектора (модулятора).

Д. Фосфорилирование молекулы.

Задание 4. В клетках E. coli синтез пиримидиновых нуклеотидов осуществляется по схеме метаболического пути: $CO_2 + NH_3 + 2АТФ \rightarrow P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow УТФ \rightarrow$ ЦТФ. При увеличении в клетке концентрации ЦТФ синтез пиримидиновых нуклеотидов прекращается. Какой вид регуляции описан?

А. Аллостерическая регуляция.

Б. Частичный протеолиз.

В. Фосфорилирование молекулы фермента.

Г. Присоединение белков ингибиторов.

Д. Отщепление белков ингибиторов.

Задание 5. В инкубационную среду, содержащую субстраты аланин, аспартат и креатин, внесли ферменты: аланинаминотрансферазу, аспартатаминотрансферазу и креатинкиназу. Какие общие признаки характерны для этих ферментов?

А. Ферменты катализируют одну и ту же реакцию.

Б. Ферменты катализируют один тип реакций.

В. Являются изоферментными формами.

Г. Осуществляют передачу нервных импульсов.

Д. Обладают групповой специфичностью.

Ситуационная задача.

Статины (ловастатин, розувостатин и др.) — препараты, которые используются для лечения пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, сопровождающимися гиперхолестеринемией и дислипидемией. Механизм их активного действия связан с конкурентным ингибированием ключевого фермента синтеза холестерола в клетках — гидроксиметилглутарил-КоА редуктазы (ГМГ-КоА-редуктазы).

Опишите общий механизм действия конкурентных ингибиторов ферментов. Обратимы ли изменения активности фермента? Как изменяется константа Михаэлиса и скорость ферментативной реакции при действии конкурентных ингибиторов?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — нет. 2 — А. 3 — Г.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1 — А, Б; 1.2 — В. 2.1 — В; 2.2 — Г. 3.1 — А; 3.2 — А, Д; 3.3 — Б.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Определение активности α-амилазы слюны.

Принцип метода. Метод основан на определении наименьшего количества амилазы (при максимальном разведении слюны), полностью расщепляющего весь добавленный крахмал. Амилазная активность слюны выражается количеством 0,1 % раствора крахмала в миллилитрах, которое расщепляется 1 мл неразведенной слюны при 38 °С в течение 30 мин. В норме амилазная активность слюны равна 160–320. Амилазная активность обозначается «А 38°/30′». Этот метод широко используется для определения амилазной активности крови и мочи.

Ход работы. В 6 пробирок наливают по 1 мл воды и в 1-ю из них добавляют 1 мл разведенной в 10 раз слюны. Содержимое этой пробирки перемешивают, несколько раз втягивая и выпуская жидкость из пипетки. Набирают в пипетку 1 мл смеси и переносят ее во 2-ю пробирку. Содержимое этой пробирки перемешивают и 1 мл смеси переносят в 3-ю пробирку и т. д. до 6-й пробирки. Из 6-й пробирки отбирают 1 мл смеси и выливают. Во все пробирки добавляют по 2 мл 0,1 % раствора крахмала, перемешивают, встряхивая пробирки, и помещают в термостат при 38 °С на 30 мин. После инкубации в пробирки добавляют по 1 капле 0,1 % раствора йода и перемешивают. При реакции с йодом жидкость в пробирках окрашивается в желтый, розовый и фиолетовый цвета. Отмечают последнюю пробирку с желтой окраской, где гидролиз крахмала прошел полностью, и делают расчет.

Результат:

Гидролиз крахмала в присутствии ферментов слюны при различном ее разведении

	Разведение слюны					
	1 : 20	1 : 40	1 : 80	1 : 160	1 : 320	1 : 640
	Пробирки					
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я
Окраска раствора с йодом						
Выводы						

Пример расчета. Отметив пробирку, где гидролиз крахмала прошел полностью при наименьшем количестве фермента (желтая окраска раствора), по количеству неразведенной слюны в данной пробирке рассчитывают амилазную активность слюны по следующей пропорции: *А* мл слюны расщепили 2 мл 0,1 % раствора крахмала; 1 мл слюны расщепил *х* мл 0,1 % раствора крахмала, где *А* — количество неразведенной слюны. Например: желтая окраска появилась в 4-й пробирке, где слюна была разведена в 160 раз; 1/160 мл слюны расщепили 2 мл 0,1 % раствора крахмала; 1 мл неразведенной слюны расщепил *х* мл 0,1 % раствора крахмала:

$$x = 2 \cdot 1 \cdot 160 / 1 = 320 \text{ мл } 0{,}1\ \% \text{ раствора крахмала.}$$

Следовательно, амилазная активность А $38^0/30'$ равна 320.

Расчет:

Вывод:

Работа 2. Количественное определение активности амилазы (диастазы) мочи.

Метод основан на определении времени, необходимого для полного расщепления крахмала в присутствии 1 мл мочи. Активность амилазы выражают количеством единиц в 1 мл мочи. В норме она составляет 1–2 ЕД.

Моча здоровых людей обладает низкой амилазной активностью по сравнению с амилазой слюны. Определение активности α-амилазы в моче и сыворотке крови широко используется в клинике при диагностике заболеваний поджелудочной железы. В 1-е сутки заболевания амилазная активность увеличивается в моче и сыворотке крови в десятки раз, а затем постепенно возвращается к норме. При почечной недостаточности амилаза в моче отсутствует.

В детском возрасте увеличение активности амилазы наблюдается при эпидемическом паротите, что указывает на одновременное поражение поджелудочной железы вирусом паротита. Вирус гриппа также поражает поджелудочную железу, но реже.

Ход работы. На сухое предметное стекло капают в разных местах по одной капле 0,1 % раствора йода в йодиде калия (всего 8–10 капель). В пробирку вносят 2 мл 0,1 % раствора крахмала, 1 мл 0,85 % раствора хлорида натрия и помещают пробирку в термостат при температуре 37 °С на 2 мин. Через 2 мин добавляют в нее 0,5 мл мочи, перемешивают и отмечают время начала реакции. Затем каждые 2–3 мин стеклянной палочкой переносят каплю смеси из пробирки на предметное стекло в каплю раствора йода и так продолжают до тех пор, пока окраска капли йода не перестанет изменяться, т. е. останется желтой. Отмечают время реакции в мин. Активность амилазы мочи рассчитывают по формуле:

$$X_{ЕД} = 15 / (0{,}5\ T),$$

где $X_{ЕД}$ — активность амилазы в 1 мл мочи; 15 — время, необходимое для полного расщепления мг крахмала, мин; 0,5 — количество мочи, взятое в реакционную смесь, мл; T — время реакции, мин.

Результат: $\mathbf{T_{мин.}}$ **=**

Расчет: $\mathbf{X_{ед.}}$ **=**

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 6
КОЛЛОКВИУМ ПО ТЕМАМ «ХИМИЯ БЕЛКОВ», «ФЕРМЕНТЫ»

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Классификация и физико-химические свойства аминокислот (общие и специфические). Роль в структурной организации белка. Применение аминокислот как лекарственных препаратов.

2. Первичная и вторичная структуры белковой молекулы. Связи, стабилизирующие их. Особенности строения пептидной связи и их роль в формировании пространственной структуры белка (постулаты Полинга-Кори). Виды вторичной структуры.

3. Понятие о надвторичной структуре белка. Структурные и функциональные домены. Причины формирования третичной структуры белковой молекулы.

4. Третичная структура белка. Силы, стабилизирующие третичную структуру. Конформационные изменения при функционировании белков. Денатурация белка и факторы, ее вызывающие. Использование явления денатурации в медицинской практике.

5. Четвертичная структура белков. Преимущества существования белков с четвертичной структурой. Кооперативные изменения конформации полипептидных цепей при функционировании белков с четвертичной структурой на примере гемоглобина. Сравнительные особенности строения и функций гемоглобина и миоглобина.

6. Основы функционирования белков.

7. Растворимость белков.

– Почему белки растворяются в воде? Факторы устойчивости белков в растворе.

– Высаливание и осаждение белков. Механизм и практическое использование.

– Денатурация белка, денатурирующие факторы, использование в медицине.

8. Гидролиз белка. Типы гидролиза, роль в организме. Практическое использование.

9. Методы выделения и очистки белков.

– Этапы исследования структуры белка.

– Методы очистки белка от низкомолекулярных примесей.

– Принципы разделения и очистки белков методами хроматографии:
  а) распределительной;
  б) ионообменной;
  в) аффинной;
  г) гель-хроматографией.

– Ультрацентрифугирование. Принцип метода.

– Электрофорез. Принцип метода, практическое применение. Электрофорез в полиакриламидном геле. Изоэлектрофокусирование.

– Использование вестерн-блот анализа для идентификации белков. Основные этапы, практическое применение. Понятие «молекулярный зонд».

10. Методы исследования аминокислотного состава (ионообменная хроматография) и аминокислотной последовательности белков и пептидов (Сэнджер, Эдман, Акабори, секвенатор Эдмана–Бэга).

11. Сложные белки. Строение, классификация, биологическая роль каждого класса.

12. Какие функции выполняют в организме белки и пептиды?

13. Ферменты, классификация. Уметь назвать класс фермента и порядковый номер класса на основании приведенной реакции.

14. Свойства ферментов. Термолабильность, специфичность, влияние pH и концентрации субстрата на активность фермента. Понятие о кинетике ферментативных реакций. Константа Михаэлиса и принципы ее определения.

15. Активность фермента, единицы измерения активности.

16. Активный центр и его строение.

17. Коферменты, классификация и роль.

18. Механизмы регуляции активности ферментов, обратимая и необратимая регуляция, изостерическая и аллостерическая регуляция, ковалентная модификация структуры фермента.

19. Механизмы регуляции количества фермента в клетке (схема Львова–Жакоба–Моно).

20. Изоферменты. Примеры, биологическая роль.

21. Примеры использования ферментов и их регуляторов в медицинской практике.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму для студентов МФИУ:

1. Аминокислоты и их классификация. Общие свойства. Формулы протеиногенных аминокислот.

2. Пептиды, их строение. Классификация и биологическая роль пептидов. Правила написания пептидов (белков), их названия и определения заряда.

3. Белки как класс органических соединений, их функции. Классификация белков.

4. Количественное определение белка в биологических жидкостях.

5. Пептидная связь и ее свойства (постулаты Полинга-Кори).

6. Гидролиз белка. Значение реакций гидролиза для организма и практическое использование белковых гидролизатов в медицинской практике.

7. Вторичная, надвторичная, третичная, четвертичная структуры белковой молекулы (понятие, разновидности и связи, стабилизирующие структуру).

8. Конформационные изменения при функционировании белков. Взаимодействие белков с лигандами.

9. Денатурация. Обратимость денатурации. Механизмы действия денатурирующих факторов.

10. Общие физико-химические свойства белков (вязкость растворов, незначительная диффузия, оптическая активность, подвижность в электрическом поле, поглощение УФ-лучей, растворимость в воде).

11. Факторы устойчивости белковых растворов (заряд белка, гидратная оболочка, молекулярная масса, форма молекулы). Изоэлектрическое состояние.

12. Методы разделения и очистки белков: высаливание, хроматография (аффинная, гель-хроматография), электрофорез (на бумаге, в ПААГ), диализ, вестерн-блот анализ. Принципы.

13. Сложные белки, их классификация, строение и биологическая роль.

14. Ферменты как белковые катализаторы.

15. Современная классификация и номенклатура ферментов (системное и рабочее название). Шифр фермента. Общая характеристика классов.

16. Строение ферментов. Коферменты, их классификация и роль в катализе. Блок-схемы $НАД^+$, $НАДФ^+$, ФАД и ФМН.

17. Механизм ферментативного катализа. Кинетика ферментативных реакций. Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата, pH, температуры (молекулярный механизм, графическая зависимость). Константа Михаэлиса (K_m), использование K_m для прогнозирования протекания биохимических реакций.

18. Специфичность действия ферментов. Типы специфичности.

19. Единицы активности ферментов.

20. Активный центр фермента, его строение. Теории, объясняющие работу активного центра (Э. Фишер, Д. Кошленд).

21. Особенности строения аллостерических ферментов, аллостерический центр. Понятие о ключевых ферментах.

22. Механизмы регуляции скорости ферментативных процессов: регуляция количества ферментов (синтез, распад), активности ферментов, изменение количества субстрата, наличие изоферментов, объединение ферментов в полиферментные комплексы, компартментализация процессов.

23. Регуляция активности ферментов: ковалентная модификация, активаторы и ингибиторы (примеры). Виды ингибирования (обратимое и необратимое, изостерическое и аллостерическое), характеристика, примеры.

24. Изоферменты. Примеры, биологическая роль.

25. Медицинские аспекты энзимологии. Примеры использования ферментов и их ингибиторов для диагностики и лечения заболеваний.

ВВЕДЕНИЕ В МЕТАБОЛИЗМ. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ

Занятие 7
ВВЕДЕНИЕ В МЕТАБОЛИЗМ. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПУТИ (ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ДЕКАРБОКСИЛИРОВАНИЕ ПВК, ЛИМОННОКИСЛЫЙ ЦИКЛ КРЕБСА). ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦТК

Актуальность темы. Знание закономерностей и особенностей метаболизма необходимо для дальнейшего изучения обмена углеводов, липидов и белков на уровне клетки и организма, для понимания механизмов регуляции их метаболизма и возможной коррекции нарушений обмена веществ. Усвоив значение центральных метаболических путей для энергообеспечения клеток, можно понять причины гипоксических состояний и их связь с клеточной энергетикой. Поскольку нарушения энергетического обмена лежат в основе патогенеза многих заболеваний, знание механизма функционирования цикла Кребса позволит врачу провести правильную коррекцию метаболических нарушений (кокарбоксилаза, компоненты адениловой системы, сукцинат и др.).

Цель занятия: получить представление о метаболизме, анаболических и катаболических метаболических путях, их взаимосвязи на различных уровнях;

сформировать представление об окислительном декарбоксилировании пировиноградной кислоты и лимоннокислом цикле Кребса как центральных (общих) метаболических путях, о значении водород-донорной функции ЦТК для дальнейших окислительно-восстановительных реакций в цепи тканевого дыхания, понять катаболическую и анаболическую функции цикла Кребса.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

▪ *биологии*:

– понятия «обмен веществ», «ассимиляция», «диссимиляция» и связь между ними;

▪ *общей химии*:

– понятие «окислительно-восстановительные реакции», способы окисления веществ, основы биоэнергетики, понятия «макроэргическая связь», «макроэрг»;

▪ *биоорганической химии*:

– строение АМФ, АДФ, АТФ, пирофосфата, дикарбоновых, трикарбоновых кислот, α-кетокислот, гидроксикислот;

▪ *нормальной физиологии*:

– понятие «основной обмен», энергетическая роль обмена веществ;

▪ *цитологии*:

– структура митохондрий;

▪ *биохимии*:

– класс оксидоредуктазы; дегидрогеназы; строение коферментов ФМН, ФАД, $НАД^+$, $НАДФ^+$; реакции декарбоксилирования.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. К раствору гидрохинона добавили окислитель, в результате чего раствор потемнел. Какова причина изменения окраски гидрохинона?

А. Гидрохинон присоединил 2 электрона.

Б. Гидрохинон окислился.

В. Гидрохинон присоединил 2 атома водорода.

Г. Гидрохинон восстановился.

Д. Гидрохинон отдал 2 атома водорода.

Задание 2. Проанализируйте формулы указанных ниже соединений и укажите, к какому классу веществ они относятся:

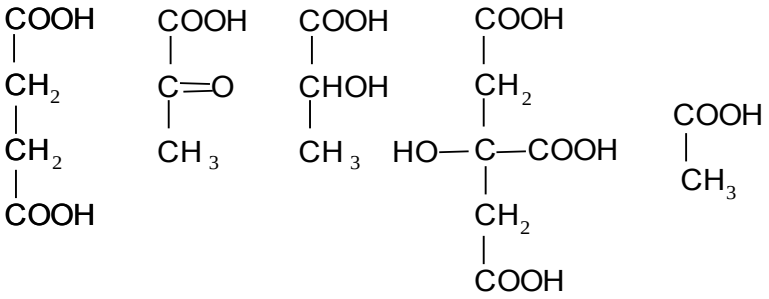
А. Дикарбоновые кислоты.

Б. Трикарбоновые кислоты.

В. Монокарбоновые кислоты.

Г. α-Кетокислоты.

Д. Гидроксикислоты.

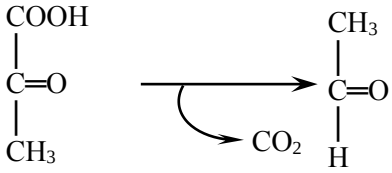


2.1 2.2 2.3 2.4 2.5

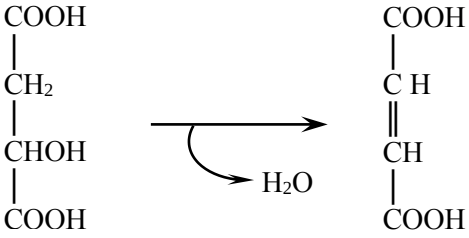
Задание 3. К написанным ниже реакциям подоберите ферменты. Укажите класс:

3.1.

3.2.



3.3.



Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Метаболизм, метаболические пути, регуляторные (ключевые) ферменты.
2. Катаболизм и анаболизм, различия и взаимосвязь между ними.
3. Реакции дегидрирования как основной способ окисления веществ в организме. Пиридинзависимые и флавинзависимые дегидрогеназы. Роль витаминов РР и B_2 в окислительно-восстановительных реакциях. Схематическое строение коферментов $НАД^+$, $НАДФ^+$, ФАД, ФМН.
4. Адениловая система клетки, ее участие в энергетическом обмене. Центральная роль АТФ в процессах, связанных с затратой энергии. Способы синтеза АТФ: субстратное, окислительное и фотосинтетическое фосфорилирование. Понятие о макроэргах.
5. Окислительное декарбоксилирование ПВК. Пируватдегидрогеназный комплекс (ферменты, коферменты, схема).
6. Цикл трикарбоновых кислот (ЦТК). Локализация ферментов ЦТК, схема процесса, ферменты, коферменты.

7. Дегидрогеназные реакции ЦТК как источник водорода для системы тканевого дыхания. Декарбоксилирование в цикле Кребса как механизм образования в клетках CO_2 — конечного продукта катаболизма соединений углерода.

8. Функции ЦТК: интегративная, катаболическая, анаболическая, энергетическая, водороддонорная. Регуляция. Анаплеротические реакции.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 139–157, 159–163.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 133–139, 177–182.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 90–102.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. Биохимия человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993.

2. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для усвоения материала темы следует обратить внимание на то, что:

1. ЦТК представляет собой конечный общий путь для окисления продуктов распада белков, жиров и углеводов.

2. ЦТК служит источником строительных блоков для процессов биосинтеза (гем, аминокислоты, глюкоза и т. д.).

3. Большинство топливных молекул вступают в цикл в виде ацетил-КоА.

4. В ходе реакций цикла дважды происходит декарбоксилирование с образованием конечного продукта — CO_2.

5. В результате четырех дегидрогеназных реакций восстанавливаются три молекулы $НАД^+$ и одна молекула ФАД. Эти восстановленные переносчики окисляются затем в цепи переноса электронов внутренней мембраны митохондрий.

6. ЦТК функционирует только в аэробных условиях, поскольку регенерация восстановленных коферментов происходит только при переносе электронов на O_2.

7. Перенос электронов на кислород сопряжен с одновременным образованием АТФ (окислительное фосфорилирование). Скорость цикла зависит, в первую очередь, от энергетического заряда клетки.

Задание 1. У экспериментальных животных исследовали влияние витаминов на скорость ЦТК. При отсутствии какого витамина скорость реакций ЦТК не нарушалась?

А. Цианокобаламин.

Б. Тиамин.

В. Пантотеновая кислота.

Г. Никотинамид.

Д. Рибофлавин.

Задание 2. В ходе реакций цикла Кребса происходит восстановление коферментов четырех дегидрогеназ. Укажите субстраты ЦТК, причастные к появлению атомов водорода в составе соответствующих коферментов:

А. Цитрат.
Б. α-Кетоглутарат.
В. Фумарат.
Г. Малат.
Д. Аконитат.
Е. Изоцитрат.
Ж. Сукцинат.

Задание 3. Подберите ферменты к соответствующим реакциям:

1. Оксалоацетат + ацетил-КоА + H_2O → цитрат + КоА-SH.
2. Изоцитрат +$НАД^+$ → α-кетоглутарат + $НАДН{\cdot}H^+$ + CO_2.
3. Сукцинил-КоА + ГДФ +H_3PO_4 ↔ сукцинат + ГТФ + КоА-SH.
4. Фумарат + H_2O ↔ малат.

А. Фумаратгидратаза.
Б. Цитратсинтаза.
В. Сукцинил-КоА-синтетаза.
Г. Изоцитратдегидрогеназа.

Задание 4. К каждому ферменту подберите соответствующий кофермент:

1. Сукцинатдегидрогеназа.
2. $НАДН{\cdot}H^+$-дегидрогеназа.
3. Малатдегидрогеназа.
4. α-Кетоглутаратдегидрогеназный комплекс ферментов.

А. ФМН.
Б. ФАД.
В. $НАД^+$.
Г. ТПФ.
Д. КоА-SH.
Е. Липоевая кислота.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. В цикле лимонной кислоты для расщепления ацетил-КоА используются восемь ферментов:

1) цитратсинтаза; 2) аконитатгидратаза; 3) изоцитратдегидрогеназа; 4) α-кетоглутарат-дегидрогеназный комплекс; 5) сукцинил-КоА-синтетаза; 6) сукцинатдегидрогеназа; 7) фумаратгидратаза; 8) малатдегидрогеназа.

1.1. Напишите химическую реакцию (схема), катализируемую каждым из этих ферментов:

1.2. Какой кофермент или коферменты необходимы для работы третьего, четвертого, шестого и восьмого ферментов?

1.3. Для каждого из ферментов укажите, к какому из перечисленных ниже типов принадлежит катализируемая им реакция: конденсация, дегидратация, гидратация, декарбоксилирование, окислительно-восстановительная реакция, субстратное фосфорилирование, изомеризация.

1.4. Укажите, к какому классу относится каждый из ферментов цикла Кребса.

Задание 2. У экспериментального животного на фоне внутривенного введения глюкозы определили снижение активности ферментов ЦТК. Какие соединения являются непосредствеными их ингибиторами?

А. $НАДФН{\cdot}Н^+$. Б. $НАД^+$. В. $НАДН{\cdot}Н^+$. Г. АТФ. Д. АДФ.

Задание 3. Будет ли происходить накопление оксалоацетата, если к экстракту, содержащему субстраты, ферменты и коферменты ЦТК, добавить ацетил-КоА? Объясните Ваш ответ.

Задание 4. В образовании ацетил-КоА из пирувата участвует мультиферментный комплекс. Выберите коферменты, необходимые для работы этого комплекса:

А. ФМН, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$.
Б. ФМН, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$, ЛК.
В. ФМН, HS-КоА, ТПФ, $НАДФ^+$.
Г. ФАД, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$, ЛК.
Д. ФАД, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$.

Ситуационная задача.

В клинику доставили пострадавших во время землетрясения, находившихся без пищи 10 дней. Биохимический анализ крови показал снижение активности ферментов цитратсинтазы и альфа-кетоглутаратдегидрогеназы.

Скорость какого метаболического процесса будет снижена при уменьшении активности данных ферментов?

Какие последствия это имеет для организма?

Назовите способы регуляции активности данных ферментов.

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — Б, Д. 2.1 — А; 2.2 — Г; 2.3 — Д; 2.4 — Б; 2.5 — В. 3.1 — дегидрогеназа, I; 3.2 — декарбоксилаза, IV; 3.3 — дегидратаза, IV.

***Для самостоятельной работы*:**

1 — А. 2 — Б, Г, Е, Ж. 3 (1 – Б, 2 – Г, 3 – В, 4 – А). 4 (1 – Б, 2 – А, 3 – В, 4 – Б, В, Г, Д, Е).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (60 минут)

Работа 1. Изучение функционирования ЦТК по убыли ацетил-КоА.

Принцип метода. Первый этап ЦТК — реакция конденсации ацетил-КоА с оксалоацетатом, которая осуществляется цитратсинтазой. Образовавшаяся лимонная кислота подвергается превращению в цикле трикарбоновых кислот, а освободившийся КоА-SH можно определить, используя реактив Фолина (появляется синее окрашивание). Если блокировать ЦТК малоновой кислотой, то ацетил-КоА не используется и КоА-SH не образуется. Для работы используем готовый гомогенат печени.

Схема постановки опыта:

Содержимое пробирок	**Контроль (мл)**	**Опыт (мл)**
Фосфатный буфер pH=7,4	2,0	2,0
Р-р ацетил-КоА	0,5	0,5
Р-р оксалоацетата	0,5	0,5
Р-р малоновой кислоты	1,0	–
Физиологический р-р	–	1,0
Гомогенат печени	0,5	0,5
Инкубация 10 минут при комнатной температуре		
Реактив Фолина А	0,5	0,5
Реактив Фолина Б	0,5	0,5
Результат (окраска растворов):		

Вывод:

Работа 2. Изучение функционирования ЦТК по образованию углекислого газа.

Принцип метода. При окислении ацетил-КоА в ЦТК образуется углекислый газ, который связывается гидроксидом кальция и определяется при добавлении серной кислоты по выделению пузырьков газа.

Схема постановки опыта:

Содержимое пробирок	**Контроль (мл)**	**Опыт (мл)**
Фосфатный буфер pH=7,4	2,0	2,0
Р-р ацетил-КоА	0,5	0,5
Р-р оксалоацетата	0,5	0,5
Р-р малоновой кислоты	1,0	–
Инкубационный раствор	–	1,0
Р-р $Ca(OH)_2$	1,0	1,0
Гомогенат печени	0,5	0,5
Инкубация 10 минут при комнатной температуре		
0,1н р-р серной кислоты	1,0	1,0
Результат (выделение углекислого газа):		

Вывод:

Работа 3. Изучение функционирования ЦТК по образованию восстановительных эквивалентов.

Принцип метода. При окислении ацетил-КоА в ЦТК образуется 8 атомов водорода, ко-торые отщепляются от субстрата при участии соответствующих дегидрогеназ. В качестве акцептора водорода используется 2,6-дихлорфенолиндофенол (2,6-ДХФИ). Если цикл функционирует, то 2,6-ДХФИ восстанавливается и обесцвечивается.

Схема постановки опыта:

Содержимое пробирок	**Контроль** (мл)	**Опыт** (мл)
Фосфатный буфер pH=7,4	2,0	2,0
Р-р ацетил-КоА	–	0,5
Р-р ЩУК	–	0,5
Дистиллированная вода	1,0	–
Гомогенат печени	1,0	1,0
0,001н р-р ДХФИ	1,0	1,0
Инкубация 15–20 минут при комнатной температуре		
Результат (окраска растворов):		

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 8
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ. ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ КИСЛОРОДА КЛЕТКАМИ. ИЗУЧЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ. ОБНАРУЖЕНИЕ ОКСИДОРЕДУКТАЗ

Актуальность темы. Знание процесса окисления водорода в митохондриях с образованием эндогенной воды, который протекает с выделением значительного количества энергии, запасаемой в макроэргических связях АТФ, необходимо для понимания основного пути утилизации кислорода в клетке в норме и патологии. Гипоэнергетические состояния, возникающие в результате нарушения работы дыхательной цепи, нарушения сопряжения дыхания и фосфорилирования, недостаточного поступления субстратов окисления, лежат в основе развития многих патологических состояний. Лечение последних требует четкого представления об окислительном фосфорилировании, о способах его регуляции, энергетической ценности субстратов, поставляющих атомы водорода в дыхательную цепь. Некоторые из них (субстраты цикла Кребса — цитрат, сукцинат) используются для коррекции метаболических нарушений. Оксигеназный путь утилизации кислорода имеет важное значение в процессах обезвреживания в организме ксенобиотиков и токсичных метаболитов.

Цель занятия: получить представление о путях утилизации кислорода клетками; о локализации, строении и функционировании компонентов дыхательной цепи и цепи микросомного окисления, об окислительном фосфорилировании; усвоить, что сопряжение дыхания и фосфорилирования служит основой нормального энергообеспечения клетки; научиться применять эти знания при последующем изучении клеточного метаболизма.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *общей химии*:

– понятия «окисление» («окислитель»), «восстановление» («восстановитель»), «окислительно-восстановительные реакции», «редокс-потенциал», «макроэргическая связь», «макроэрги»;

- *биоорганической химии*:

– строение АТФ, ее роль как универсального макроэрга; барбитуровую кислоту и ее производные;

- *цитологии*:

– строение митохондриальной мембраны;

- *биохимии*:

– класс оксидоредуктазы, пиридин- и флавинзависимые дегидрогеназы, строение и функционирование $НАД^+$, ФМН, ФАД; водороддонорная функция цикла Кребса; субстраты ЦТК, поставляющие водород в дыхательную цепь.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Какие из приведенных утверждений не характеризуют АТФ?

А. Пуриновый нуклеотид.

Б. Универсальный макроэрг в клетках.

В. Имеет две гуанидинфосфатные связи.

Г. Имеет две фосфоангидридные связи.

Д. Является формой запасания, хранения и передачи энергии в клетках.

Задание 2. Какие из ниже перечисленных субстратов ЦТК не являются донорами водорода для дыхательной цепи?

А. Сукцинат.
Б. Цитрат.
В. Изоцитрат.
Г. Фумарат.
Д. Оксалоацетат.
Е. Сукцинил-КоА.

Задание 3. Напишите формулу АТФ, обозначив макроэргические связи.

Задание 4. В цикле Кребса протекают четыре дегидрогеназные реакции:

А. Изоцитрат $\rightarrow$ α-кетоглутарат.

Б. α-Кетоглутарат $\rightarrow$ сукцинил-КоА.

В. Сукцинат $\rightarrow$ фумарат.

Г. Малат $\rightarrow$ оксалоацетат.

4.1. Укажите соответствующий каждой реакции фермент.

4.2. Укажите соответствующий каждой дегидрогеназе кофермент.

4.3. Отнесите каждую дегидрогеназу к разряду пиридиновых либо флавиновых дегидрогеназ.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Тканевое дыхание — процесс окисления водорода субстратов в дыхательной цепи с образованием эндогенной воды в клетках. Отличия образования воды в процессе тканевого дыхания от такого же процесса in vitro.

2. Строение компонентов дыхательной цепи, комплексы ферментов, коферменты, механизм функционирования.

3. Схема дыхательной цепи, пункты фосфорилирования, механизм формирования электрохимического потенциала.

4. Механизмы митохондриального синтеза АТФ. H^+-АТФ-синтаза. Сопряжение процессов дыхания и фосфорилирования. Хемиосмотическая теория Митчелла. Коэффициент фосфорилирования (Р/О) для различных субстратов, поставляющих водород в дыхательную цепь.

5. Регуляция работы дыхательной цепи и H^+-АТФ-синтазы.

6. Причины развития гипоэнергетических состояний. Разобщение окислительного фосфорилирования (механизм, разобщители). Ингибиторы переноса электронов и окислительного фосфорилирования.

7. Микросомальное окисление, роль его в клетке.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 163–183.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 134–154.
3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 76–89.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для усвоения темы необходимо уяснить, что:

1. Окисление водорода в цепи тканевого дыхания является основным источником энергии для реакции синтеза АТФ.

2. Процесс образования воды в организме и вне его совершается с выделением 210–230 кДж/моль энергии.

3. В организме синтез H_2O происходит при участии дыхательной цепи.

4. Часть энергии этого процесса (≈ 40 %) используется для реакции синтеза АТФ.

5. Реакция окисления водорода субстратов в дыхательной цепи в организме сопряжена с процессом окислительного фосфорилирования (синтез АТФ из АДФ и H_3PO_4).

6. Коэффициент фосфорилирования (Р/О) — это число молей поглощенного $Ф_{н,}$ которые пошли на образование АТФ, в расчете на один атом кислорода, использованный в процессе тканевого дыхания.

7. Оксигеназный путь утилизации кислорода осуществляется в мембранах эндоплазматического ретикулума и способствует включению кислорода в субстрат. Таким способом происходит обезвреживание многих токсичных веществ (микросомальное окисление).

Задание 1. Изобразите схему дыхательной цепи для субстратов пиридинзависимых дегидрогеназ (малат, α-кетоглутарат, изоцитрат). Укажите коэффициент фосфорилирования.

Задание 2. Изобразите схему дыхательной цепи для субстратов, дегидрируемых с участием ФАД. Укажите коэффициент фосфорилирования. Сколько АТФ будет синтезировано при окислении 5 моль сукцината?

Задание 3. Какое (какие) из приведенных утверждений верно? Последовательность расположения компонентов дыхательной цепи определяется:

А. Химической структурой переносчика электронов.

Б. Величиной редокс-потенциала (E_0').

В. Величиной протонного электрохимического потенциала ($\Delta\mu H^+$).

Г. Является произвольной.

Задание 4. Подберите к каждому комплексу дыхательной цепи соответствующий небелковый компонент:

1. НАДН·H^+: убихинон оксидоредуктаза.	А. ФАД.
2. Убихинол: цитохром с оксидоредуктаза.	Б. Гем.
3. Сукцинатдегидрогеназа.	В. ФМН.
4. Цитохромоксидаза.	Г. $НАД^+$.
	Д. Гем, Cu^{2+}.

Задание 5. Подберите к этим же ферментативным комплексам (см. задание 4) соответствующие ингибиторы:

А. Цианиды.	Д. Амитал (барбитуровая кислота).
Б. CO.	Е. Ротенон.
В. H_2S.	Ж. Антимицин А.
Г. Азид натрия.	З. Малонат.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Какое (какие) из приведенных утверждений, согласно хемиосмотической теории Митчелла, неверно?

А. В процессе функционирования дыхательной цепи происходит перенос H^+ через внутреннюю мембрану в матрикс митохондрий.

Б. Энергия, выделяющаяся при транспорте электронов I, III, IV комплексами дыхательной цепи, используется на перекачивание протонов из матрикса в межмембранное пространство.

В. В процессе тканевого дыхания на внутренней мембране митохондрий формируется протонный электрохимический потенциал.

Г. Энергия электрохимического потенциала на внутренней митохондриальной мембране используется для работы V комплекса.

Д. Обратный ток протонов из межмембранного пространства в матрикс по протонным каналам H^+-АТФ-синтазы сопровождается синтезом АТФ.

Задание 2. Какие из следующих утверждений характеризуют H^+-АТФ-синтазу?

А. V ферментный комплекс на внутренней мембране митохондрий.

Б. Ингибируется олигомицином.

В. Имеет протонные каналы.

Г. Может проявлять АТФ-азную активность.

Д. Переходит в рабочее состояние под влиянием движущихся через нее протонов.

Е. Ингибируется атрактилозидом.

Задание 3. Процесс тканевого дыхания стимулируется при добавлении к суспензии митохондрий:

А. АТФ. Б. АДФ. В. KCN. Г. Барбитуратов. Д. 2,4-Динитрофенола.

Задание 4. Причинами гипоэнергетических состояний (нарушение синтеза АТФ) в митохондриях могут быть:

А. Недостаток субстратов тканевого дыхания.

Б. Недостаток кислорода.

В. Избыток витаминов РР и B_2.

Г. Добавление к изолированным дышащим митохондриям олигомицина.

Д. Низкая концентрация АДФ в матриксе митохондрии.

Е. Разобщение с участием 2, 4-динитрофенола.

Задание 5. Студенты в лабораторной работе in vitro исследовали действие малоната на ряд ферментов цикла Кребса. Накопление какого метаболита они обнаружили?

А. Малат.
Б. Изоцитрат.
В. Сукцинат.
Г. Сукцинил-КоА.
Д. α-Кетоглутарат.

Задание 6. Сколько моль АТФ может синтезироваться при окислении 1 моль субстрата в указанных процессах?

1. Ацетил-КоА $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$.
2. Сукцинат $\rightarrow$ ЩУК.
3. α-Кетоглутарат $\rightarrow$ ЩУК.
4. Изоцитрат $\rightarrow$ сукцинат.
5. Сукцинат $\rightarrow$ CO_2, H_2O.

А. 4 моль.
Б. 10 моль.
В. 7,5 моль.
Г. 6 моль.
Д. 24 моль.

Ситуационная задача 1.

В клинику поступила пациентка с отравлением снотворными препаратами — производными барбитуровой кислоты.

Какое влияние на процессы тканевого дыхания оказывают барбитураты?

Какие соединения нужно ввести больной для восстановления тканевого дыхания на период выведения снотворного препарата из организма?

Ситуационная задача 2.

Ребенок, 11 лет, через 1 час после употребления молочного коктейля, содержащего семена абрикоса, был доставлен в отделение неотложной помощи с головокружением, рвотой, болью в животе, дезориентацией, лактатацидозом и признаками развивающегося отека легких. Симптомы удалось купировать (устранить) применением нитрата натрия и тиосульфата. В косточках абрикоса, миндаля и вишен содержится цианогликозид амигдалин, который в кишечнике расщепляется бактериями с выделением синильной кислоты HCN.

Объясните механизм токсического действия амигдалина.

Какой процесс в митохондриях подавляет синильная кислота?

Опишите механизм токсического действия цианидов.

Ситуационная задача 3.

Гиперсекреция тироксина (гормона щитовидной железы) при тиреотоксикозе сопровождается увеличением частоты сердечных сокращений и частоты дыхания.

Предположите возможные механизмы влияния высокой концентрации тироксина на данные физиологические явления. Для этого вспомните о воздействии избытка тироксина на состояние внутренней мембраны митохондрий. Как изменится коэффициент Р/О при повышении синтеза этого гормона?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — В. 2 — Б, Г, Д, Е.

4.1. А – изоцитратДГ; Б – α-кетоглутаратДГ; В – сукцинатДГ; Г – малатДГ.

4.2. А – $НАД^+$; Б – $НАД^+$, ФАД, ТПФ, КоА, липоевая кислота; В – ФАД; Г – $НАД^+$.

4.3. А, Б, Г – пиридиновые ДГ; В – флавиновая ДГ.

***Для самостоятельной работы*:**

1 — $^{P}/_{O}$ = 2,5. 2 — $^{P}/_{O}$ = 1,5, синтезируется 7,5 АТФ. 3 — Б. 4 (1 – В; 2 – Б; 3 – А; 4 – Д). 5 (1 – Д, Е; 2 – Ж; 3 – З; 4 – А, Б, В, Г).

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Изучение реакций окислительного фосфорилирования.

***Принцип метода*.** При окислении различных субстратов в дыхательной цепи высвобождается энергия, часть которой используется на реакцию окислительного фосфорилирования. Степень последнего (энергетическая ценность субстратов) определяется по убыли неорганического фосфата, коэффициент Р/О может равняться 0,5; 1,5; 2,5. Используя различные субстраты (яблочная, янтарная,

аскорбиновая кислоты), оцениваем эффективность окислительного фосфорилирования. Содержание фосфорной кислоты определяем в реакции с молибдатом аммония и редуцирующим раствором аскорбиновой кислоты по интенсивности окраски образующейся молибденовой сини.

Схема постановки опыта:

Содержимое пробирок	**Контрольная проба, мл**	**Опытные пробы, мл**		
		1	**2**	**3**
Инкубационная смесь	1,0	1,0	1,0	1,0
Физиологический раствор	0,5	–	–	–
Раствор яблочной кислоты	–	0,5	–	–
Раствор янтарной кислоты	–	–	0,5	–
Раствор аскорбиновой кислоты + цитохром с	–	–	–	0,5
Суспензия митохондрий	0,5	0,5	0,5	0,5
Инкубация 10 мин при комнатной температуре, затем добавить:				
Раствор трихлоруксусной кислоты (ТХУ)	1,0	1,0	1,0	1,0
Раствор молибдата аммония	0,5	0,5	0,5	0,5
Редуцирующий раствор Фиске и Субарроу	0,5	0,5	0,5	0,5
Содержимое всех пробирок разбавить водой в 8 раз (1 мл содержимого и 7 мл воды)				
Инкубация 10 минут.				
Результат:				
1. Оцените интенсивность окраски по 4-балльной шкале:				
2. Коэффициент Р/О:				

Вывод:

Работа 2. Изучение влияния 2,4-динитрофенола (2,4-ДНФ) на окислительное фосфорилирование.

Принцип метода. 2,4-ДНФ — разобщитель фосфорилирования, сопряженного с окислением. Об эффективности окислительного фосфорилирования судят по убыли в инкубационной среде неорганического фосфата, который определяется, как описано в работе № 1.

Содержимое пробирок	**Контроль** (мл)	**Опыт** (мл)
Раствор яблочной кислоты	0,5	0,5
Раствор 2,4-ДНФ	–	0,5
Физиологический раствор	0,5	–
Суспензия митохондрий	0,5	0,5
Инкубация 10 мин при комнатной температуре		
Раствор ТХУ	1,0	1,0
Раствор молибдата аммония	0,5	0,5
Редуцирующий раствор	1,0	1,0
Результат (интенсивность окраски):		

Вывод:

Работа 3. Открытие альдегиддегидрогеназы в молоке.

Фермент вырабатывается микроорганизмами, попадающими в молоко извне. По химической природе он относится к флавопротеинам, способным окислять альдегиды, в частности, формальдегид. При добавлении к некипяченому молоку формальдегида и метиленовой сини альдегиддегидрогеназа окисляет формальдегид в муравьиную кислоту, а освобождающиеся при этом протоны и электроны переносятся на метиленовую синь, восстанавливая ее в бесцветное соединение.

Ход работы. В 1-ю пробирку вносят 15 капель кипяченого молока, во 2-ю — 15 капель некипяченого. В каждую пробирку вносят по капле 0,4 % раствора формальдегида и по капле 0,01 % раствора метиленовой сини. Пробирки встряхивают и закрывают пробками, чтобы создать относительно анаэробные условия.

Пробирки помещают в термостат при 37 °С и отмечают через 5 мин постепенное обесцвечивание метиленовой сини.

Результат:

Вывод:

Работа 4. Обнаружение каталазы крови.

В процессе тканевого дыхания образуется не только вода, но и токсичная для клеток перекись водорода. Разложение перекиси водорода катализируется гемсодержащим ферментом — каталазой:

$$2\,H_2O_2 \xrightarrow{\text{каталаза}} O_2 + 2H_2O.$$

Ход работы. В пробирку вносят 10–15 капель 3 % H_2O_2 и 1 каплю крови. Отмечают выделение пузырьков кислорода.

Результат:

Вывод:

Работа 5. Открытие пероксидазы.

Как и каталаза, пероксидаза — гемсодержащий фермент. Пероксидаза катализирует окисление некоторых веществ (фенолы, ароматические амины) в присутствии перекиси водорода. В организме млекопитающих пероксидазной активностью обладают гемоглобин, миоглобин и цитохромы. Об активности пероксидазы можно судить по изменению окраски гваяковой смолы в присутствии перекиси водорода.

Ход работы. В две пробирки наливают по 5 капель 1 % раствора гваяковой смолы и по 5 капель 3 % раствора H_2O_2. В первую пробирку добавляют 1 каплю крови, во вторую — 1 каплю H_2O. Наблюдают за изменением окраски.

Результат:

Вывод:

Подпись преподавателя:

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

Занятие 9
ПЕРЕВАРИВАНИЕ УГЛЕВОДОВ. ГЛИКОГЕНЕЗ И ГЛИКОГЕНОЛИЗ. ГЛИКОЛИЗ И СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ. ОБНАРУЖЕНИЕ ПРОДУКТОВ СПИРТОВОГО БРОЖЕНИЯ

Актуальность темы. В практике врача встречаются заболевания, сопровождающиеся нарушением переваривания и всасывания углеводов пищи. Диагностика этих состояний и правильный подход к лечению основаны на знаниях, полученных на этом занятии. Состояние гипоксии часто встречается при заболеваниях внутренних органов. Перестройки внутриклеточного обмена при таких состояниях затрагивают и процесс гликолиза. Разные органы обладают неодинаковой способностью адаптироваться к гипоксии, что и лежит в основе направленного врачебного вмешательства. Знакомство с процессом гликолиза дает представление о возможностях энергетического обеспечения клеток в анаэробных условиях.

Цель занятия: закрепить знания по структуре углеводов животных тканей и растительных углеводов пищи; сформировать представление об особенностях переваривания углеводов, транспорта глюкозы в клетки, о молекулярных механизмах депонирования и мобилизации гликогена, физиологическом значении и регуляции этих процессов; усвоить анаэробные процессы окисления глюкозы и их значение.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *биоорганической химии*:

– общее представление об углеводах;

– химическое строение и свойства моносахаридов (глюкоза, галактоза, фруктоза);

– строение олигосахаридов (мальтоза, лактоза, сахароза);

– строение гомополисахаридов (крахмал, гликоген, декстраны, целлюлоза);

– гидролиз полисахаридов in vitro;

▪ *биохимии*:

– классификация ферментов, механизм действия, регуляция активности;
– пути образования АТФ в клетках.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ИСХОДНОГО УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Задание 1. Укажите, какие моносахариды входят в состав следующих соединений:

1. Глюкоза + глюкоза.	А. Лактоза.
2. Глюкоза + фруктоза.	Б. Мальтоза.
3. Галактоза + глюкоза.	В. Сахароза.
4. Фруктоза+ глюкоза+ галактоза.	Г. Рафиноза.

Задание 2. Какие из перечисленных ниже углеводов имеют свободный полуацетальный гидроксил и будут обладать восстанавливающими свойствами?

А. Сахароза. В. Крахмал.
Б. Мальтоза. Г. Лактоза

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Переваривание углеводов, продукты. Нарушения переваривания и их молекулярные механизмы, симптомы, подходы к диагностике и лечению. Роль клетчатки и пектинов в питании человека.

2. Всасывание продуктов переваривания углеводов. Молекулярные механизмы, нарушения. Судьба всосавшихся моносахаридов. Транспорт глюкозы в клетки.

3. Синтез гликогена, назначение. Последовательность реакций, энергозатраты и регуляция. Агликогеноз.

4. Распад (фосфоролиз, гидролиз) гликогена в печени и мышцах. Последовательность реакций, регуляция. Гликогенозы.

5. Гликолиз, биологическая роль. Субклеточная локализация, этапы (неокислительный, гликолитической оксидоредукции), реакции, ферменты, энергетический выход и механизм образования АТФ. Регуляция гликолиза, ключевые ферменты.

6. Спиртовое брожение. Реакции, общие с гликолизом. Различие гликолиза и спиртового брожения, регуляция.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 199–225.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 155–172.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 116–134.

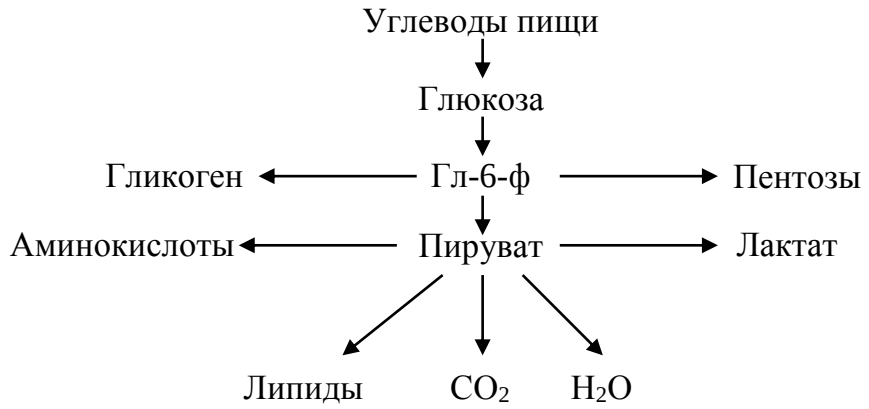
4. Конспект лекций.

Задания для самостоятельной работы

Задание 1. Выучите основные этапы переваривания углеводов в пищеварительном тракте. Усвойте, что в процессе переваривания углеводов происходит ферментативный гидролиз гликозидных связей. Запомните названия ферментов, принимающих участие в переваривании, и места их образования.

Задание 2. Вспомните способы всасывания моносахаридов из кишечника в кровь. Знать, что первое химическое превращение глюкозы в клетках — ее фосфорилирование, катализируемое гексокиназой (глюкокиназой). Умейте написать эту реакцию.

Рассмотрите схему превращения глюкозо-6-фосфата в клетке:



Задание 3. Запомните: а) из каких мономеров построен гликоген; б) какие связи соединяют мономеры в молекуле гликогена; в) в каких органах преимущественно откладывается гликоген.

3.1. Выучите реакции синтеза и распада (фосфоролиза) гликогена. Умейте писать их в виде схемы, запомните ферменты. Знайте необратимые стадии процессов и реакции, связанные с потреблением энергии.

3.2. Запомните реакции синтеза и распада гликогена, катализируемые регуляторными ферментами.

3.3. Объясните молекулярный механизм перехода фосфорилазы и гликогенсинтазы из неактивного состояния в активное.

Задание 4. Гликолиз — серия реакций, в результате которых глюкоза распадается на две молекулы пирувата. Умейте писать эти реакции.

4.1. Обратите внимание на то, что:

а) в гликолизе можно выделить несколько этапов:

– подготовительный (активирование глюкозы и распад глюкозо-6-фосфата на две молекулы глицеральдегид-3-фосфата);

– гликолитическая оксидоредукция (окисление глицеральдегид-3-фосфата до пирувата в аэробных условиях или до лактата в анаэробных условиях);

б) большинство реакций гликолиза, за исключением трех, обратимы;

в) все промежуточные продукты находятся в фосфорилированном состоянии;

г) источником фосфата при гликолизе является АТФ;

д) образование АТФ при гликолизе идет путем субстратного фосфорилирования.

4.2. Сравните гликолиз со спиртовым брожением, установите сходства и различия.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. У больного, страдающего энтероколитом, после приема молока появились диарея, колики, метеоризм. С недостатком какого фермента это связано?

А. Амилазы. В. Лактазы. Д. Гликогенсинтазы.

Б. Сахаразы. Г. Мальтазы.

Задание 2. Часть поступившей в организм глюкозы откладывается в виде гликогена. Какой фермент участвует в его синтезе?

А. Глюкозо-6-фосфатаза. Г. α-1,4-Гликозидаза.

Б. Фосфорилаза. Д. α-1,6-Гликозидаза.

В. Гликогенсинтаза.

Задание 3. Глюкозо-6-фосфат — основная активная форма глюкозы. Какой фермент участвует в ее образовании?

А. Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа.

Б. Гексокиназа.

В. Глюкозо-6-фосфатаза.

Г. Глюкозо-1-фосфатуридилтрансфераза.

Д. Фосфоглюкомутаза.

Задание 4. В гликолизе имеются реакции, приводящие к образованию макроэргических соединений. Укажите такую реакцию:

А. Фосфодиоксиацетон ↔ глицеральдегид-3-фосфат.

Б. 3-Фосфоглицерат ↔ 2-фосфоглицерат.

В. Пируват ↔ лактат.

Г. Глицеральдегид-3-фосфат ↔ 1,3-дифосфоглицерат.

Д. Глюкоза → глюкозо-6-фосфат.

Задание 5. Известно, что в гликолизе имеются реакции, сопряженные с синтезом АТФ путем субстратного фосфорилирования. Укажите такую реакцию:

А. Глюкоза→ глюкозо-6-фосфат.

Б. Фруктозо-6-фосфат → фруктозо-1,6-дифосфат.

В. Фосфодиоксиацетон ↔глицеральдегид-3-фосфат.

Г. Глицеральдегид-3-фосфат ↔ 1,3-дифосфоглицерат.

Д. Фосфоенолпируват → пируват.

Задание 6. В одной из реакций гликолиза образуется НАДН·H^+. Какова его судьба в анаэробных условиях?

А. Участвует в превращении малата в оксалоацетат.

Б. Используется для восстановления оксалоацетата.

В. Является источником электронов и H^+ для дыхательной цепи.

Г. Превращает пируват в лактат.

Д. Используется в субстратном фосфорилировании.

Ситуационная задача.

Болезнь Крона — хроническое неспецифическое воспаление желудочно-кишечного тракта с преимущественным поражением терминального отдела подвздошной кишки. При данном заболевании нарушается переваривание и всасывание питательных веществ, в частности углеводов.

Перечислите основные симптомы нарушения переваривания и всасывания углеводов, объясните механизмы появления данной симптоматики.

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 (1 – Б; 2 – В; 3 – А; 4 – Г). 2 — Б, Г.

Лабораторная работа (60 минут)

Спиртовое брожение.

Спиртовое брожение — ферментативный процесс распада глюкозы с образованием этилового спирта и углекислого газа:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2.$$

Процесс гликолиза и брожение протекают одинаково до образования пировиноградной кислоты с выделением тепла и образованием двух молекул АТФ. В анаэробных условиях под действием дрожжевой декарбоксилазы (ТПФ) пировиноградная кислота декарбоксилируется и превращается в уксусный альдегид, который восстанавливается в этиловый спирт под действием алкогольдегидрогеназы.

Ход работы. Пробирку на 1/3 заполняют раствором дрожжей, доливают доверху 5 % раствором глюкозы и закрывают корковой пробкой со стеклянной трубкой. Такой бродильный аппарат помещают в термостат при 37 °С на 30–50 минут (в зависимости от активности ферментов дрожжей). Когда в процессе брожения произойдет накопление газа в верхней части пробирки, проделывают качественные реакции на CO_2 и спирт.

1. ***Обнаружение CO_2.***

В бродильный аппарат наливают 10 % раствор NaOH почти до краев пробирки и, закрыв отверстие большим пальцем, перемешивают ее содержимое. Углекислый газ поглощается щелочью, создавая вакуум, и палец присасывается к отверстию пробирки.

2. ***Обнаружение этилового спирта.***

Спирт можно открыть с помощью реакции получения йодоформа:

$$C_2H_5OH + 4I_2 + 6NaOH \rightarrow CHI_3 + 5NaI + HCOONa + 5H_2O.$$

Для этого около 2–3 мл жидкости из бродильного аппарата отфильтровывают в пробирку, добавляют несколько капель 10 % раствора йода до получения желтого окрашивания и нагревают, не доводя до кипения, в пламени спиртовки. Через некоторое время ощущается характерный запах йодоформа.

Результаты:

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 10
ПУТИ МЕТАБОЛИЗМА ПИРУВАТА. ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗ. АЭРОБНЫЙ РАСПАД ГЛЮКОЗЫ ДО КОНЕЧНЫХ ПРОДУКТОВ (CO_2 и H_2O). КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПВК В МОЧЕ

Актуальность темы. Изучаются центральные пути, обеспечивающие связь анаболизма и катаболизма, пути, в которые вовлечены основные пищевые вещества (углеводы, белки, жиры). Понимание значения центральных метаболических путей, аэробных процессов обмена глюкозы для энергообеспечения клеток различных органов позволяет понять механизмы нарушения функций отдельных органов и систем при торможении этих процессов (гипогликемическая кома, ишемия и инфаркт миокарда и др.). В медицинской практике некоторые промежуточные продукты этих путей используются для коррекции метаболических нарушений (лимонная кислота, никотинамид, кокарбоксилаза, компоненты адениловой системы и др.). Содержание глюкозы в крови — основной биохимический показатель состояния углеводного обмена в организме. Отклонение его от нормы происходит при ряде заболеваний. На занятии изучаются механизмы поддержания нормального уровня глюкозы в крови.

Цель занятия: закрепить знания о путях превращения ПВК в клетках в зависимости от энергетического статуса и особенностей окислительного метаболизма клеток, о глюконеогенезе как важном процессе поддержания уровня глюкозы в крови; сформировать представление о взаимосвязи центральных путей метаболизма с аэробным гликолизом; овладеть глюкозооксидазным методом количественного определения глюкозы.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *биоорганической химии*:
- реакции окислительного декарбоксилирования α-кетокислот;
- реакции альдольной конденсации;
- природные макроэргические ацилирующие реагенты;
- *биологической химии*:
- тканевое дыхание, субстраты, механизм;
- гликолиз;
- окислительное декарбоксилирование ПВК;
- цикл трикарбоновых кислот.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Подберите к каждому ферменту соответствующий кофермент:

1. $НАДН{\cdot}Н^+$ – дегидрогеназа.	А. ФАД.
2. QH_2 – дегидрогеназа.	Б. Гем.
3. Цитохромоксидаза.	В. ФМН.
4. Малатдегидрогеназа.	Г. Гем, Cu^+.
5. Сукцинатдегидрогеназа.	Д. $НАД^+$.
	Е. $НАДФ^+$.

Задание 2. Укажите, к какому классу относятся перечисленные ферменты:

1. Гексокиназа.	А. Оксидоредуктазы.
2. Альдолаза.	Б. Лиазы.
3. Фосфофруктокиназа.	В. Лигазы.
4. Фосфоглицераткиназа.	Г. Трансферазы.
5. Дегидрогеназа 3-ФГА.	Д. Гидролазы.
6. Енолаза.	Е. Изомеразы.
7. Пируваткиназа.	
8. Триозофосфатизомераза.	

Задание 3. Укажите, в каких реакциях гликолиза используется, а в каких синтезируется АТФ:

1. 2-ФГК ↔ ФЕПВК.	А. Используется АТФ как донор фосфатной группы.
2. 3-ФГА ↔ 1,3-ДФГК.	Б. Синтезируется АТФ.
3. Фр-6-ф → фр-1,6-фф.	В. Реакция не связана с затратой или синтезом АТФ.
4. ФЕПВК → ПВК.	
5. Гл → гл-6-ф.	
6. 1,3- ДФГК ↔ 3-ФГК.	
7. Фр-1,6-фф ↔3-ФГА + ФДА.	

Задание 4. Аэробный распад глюкозы — это процесс полного окисления ее до CO_2 и H_2O. Он включает реакции аэробной дихотомии (сравните с анаэробной) и последующее окисление пирувата в общем пути катаболизма.

4.1. Напишите реакции, катализируемые отдельными ферментами пируватдегидрогеназного комплекса:

4.2. Определите количество молей АТФ, синтезируемое за счет дегидрирования 1 моля ПВК. Для этого:

а) напишите суммарное уравнение окислительного декарбоксилирования;

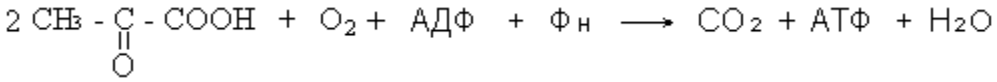
б) покажите путь от восстановленного кофермента до кислорода;

в) вспомните определение коэффициента фосфорилирования и рассчитайте его для этого процесса.

Задание 5. Вспомните последовательность реакций, составляющих цитратный цикл, название ферментов, катализирующих эти реакции, и их коферменты.

5.1. Используя схему связи общего пути катаболизма с цепью тканевого дыхания, проследите путь водорода от окисляемых субстратов к кислороду и оцените выход АТФ для отдельных реакций и общего пути катаболизма в целом.

5.2. Расставьте в уравнении соответствующие коэффициенты:



Для этого:

а) найдите на схеме связи общего пути катаболизма с цепью тканевого дыхания реакции, в которых происходит декарбоксилирование, выпишите названия метаболитов, которые декарбоксилируются;

б) найдите на схеме реакции дегидрирования и выпишите названия первичных доноров водорода;

в) найдите на схеме компоненты дыхательной цепи, на которые поступает водород от первичных доноров.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Пируват как центральный метаболит. Пути превращения ПВК в зависимости от энергетического статуса и особенностей окислительного метаболизма клеток.

2. Восстановление пирувата в лактат (реакция, изоферменты ЛДГ, назначение реакций), цикл Кори. Утилизация лактата клетками.

3. Глюконеогенез (назначение, субстраты, ключевые реакции и ферменты, регуляция, энергозатраты).

4. Аэробное окисление глюкозы до CO_2 и H_2O (этапы, сопряжение с процессом окислительного фосфорилирования, энергетика). Челночные механизмы транспорта цитоплазматического НАДН·H^+ в митохондрию.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 225–232.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 172–182.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 134–142.
4. Конспект лекций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Выучите:

а) реакции синтеза глюкозы из ПВК (умейте писать);

б) ферменты глюконеогенеза (обратите внимание на ключевые ферменты);

в) основные субстраты и пути их включения в глюконеогенез.

Задание 2. Образовавшийся в сердечной мышце лактат наряду с диффузией в кровь окисляется в самих кардиомиоцитах в аэробных условиях. Укажите этапы окисления лактата и энергетический выход этого процесса.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

ПРОВЕРЬТЕ ВАШИ ЗНАНИЯ (САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ)

Задание 1. Сколько молей АТФ может синтезироваться при окислении 1 моля субстрата в указанных реакциях:

1. Пируват $\rightarrow CO_2 + H_2O$.	А. 2,5 моль.
2. Ацетил-КоА $\rightarrow CO_2 + H_2O$.	Б. 4 моль.
3. Пируват $\rightarrow$ ацетил -КоА.	В. 10 моль.
4. Сукцинат $\rightarrow$ ЩУК.	Г. 12,5 моль.

Задание 2. Назовите ферменты, катализирующие следующие реакции:

1. Оксалоацетат + ацетил-КоА + $H_2O \rightarrow$ цитрат + HS-КоА.
2. Изоцитрат + $НАД^+ \rightarrow$ α-кетоглутарат + CO_2 + $НАДН{\cdot}H^+$.
3. Сукцинил-КоА + ГДФ + $H_3PO_4 \leftrightarrow$ сукцинат + ГТФ + HS-КоА.
4. Фумарат + $H_2O \leftrightarrow$ малат.

А. Фумаратгидратаза.	В. Сукцинил-КоА-синтетаза.
Б. Цитратсинтаза.	Г. Изоцитратдегидрогеназа.

Задание 3. Глюконеогенез — ферментативный процесс, включающий необратимые реакции. Выберите фермент, участвующий в одной из них:

А. Гексокиназа.	Г. Пируватдегидрогеназа.
Б. Пируваткарбоксилаза.	Д. Пируватдекарбоксилаза.
В. Лактатдегидрогеназа.	

Задание 4. В образовании ацетил-КоА из пирувата участвует мультиферментный комплекс. Выберите коферменты, необходимые для работы этого комплекса:

А. ФМН, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$.

Б. ФМН, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$, ЛК.

В. ФМН, HS-КоА, ТПФ, $НАДФ^+$.

Г. ФАД, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$, ЛК.

Д. ФАД, HS-КоА, ТПФ, $НАД^+$.

Задание 5. В глюконеогенезе имеются необратимые реакции. Выберите из перечисленных необратимую:

А. Фруктозо-6-фосфат → глюкозо-6-фосфат.

Б. 2-Фосфоглицерат → 3-фосфоглицерат.

В. Лактат → пируват.

Г. Пируват → фосфоенолпируват.

Д. Фосфодиоксиацетон → глицеральдегид-3-фосфат.

Задание 6. В процессе синтеза глюкозы из пирувата затрачивается энергия. Сколько молей АТФ необходимо для этого метаболического пути?

А. 2 АТФ. В. 6 АТФ. Д. 7 АТФ.

Б. 4 АТФ. Г. 5 АТФ.

Ситуационная задача.

Энергетическое обеспечение организма бегуна во время продолжительных забегов на дистанции более 30 км предполагает дополнительные источники энергии, кроме распада гликогена. Длительные забеги индуцируют секрецию кортизола.

Какой метаболический путь энергообеспечения стимулирует данный гормон?

Напишите схему этого пути, укажите ключевые ферменты и способы их регуляции.

Перечислите субстраты, которые могут включаться в данный процесс для энергообеспечения организма.

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1. 1 – В; 2 – Б; 3 – Г; 4 – Д; 5 – А.
2. 1 – Г; 2 – Б; 3 – Г; 4 – Г; 5 – А; 6 – Б; 7 – Г; 8 – Е.
3. 1 – В; 2 – В; 3 – А; 4 – Б; 5 – А; 6 – Б; 7 – В.

***Для самостоятельной работы*:**

2 – 15 АТФ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (60 минут)

Количественное определение пировиноградной кислоты в моче.

Пировиноградная кислота — один из промежуточных продуктов углеводного обмена. В анаэробных условиях (гипоксия) пировиноградная кислота восстанавливается в лактат. В аэробных условиях пировиноградная кислота под влиянием пируватдегидрогеназного комплекса (коферменты: ТПФ, липоевая кислота в виде амида, КоА–SH, $НАД^+$, ФАД) в результате окислительного декарбоксилирования превращается в ацетил-КоА, который в цикле Кребса окисляется до CO_2 и H_2O.

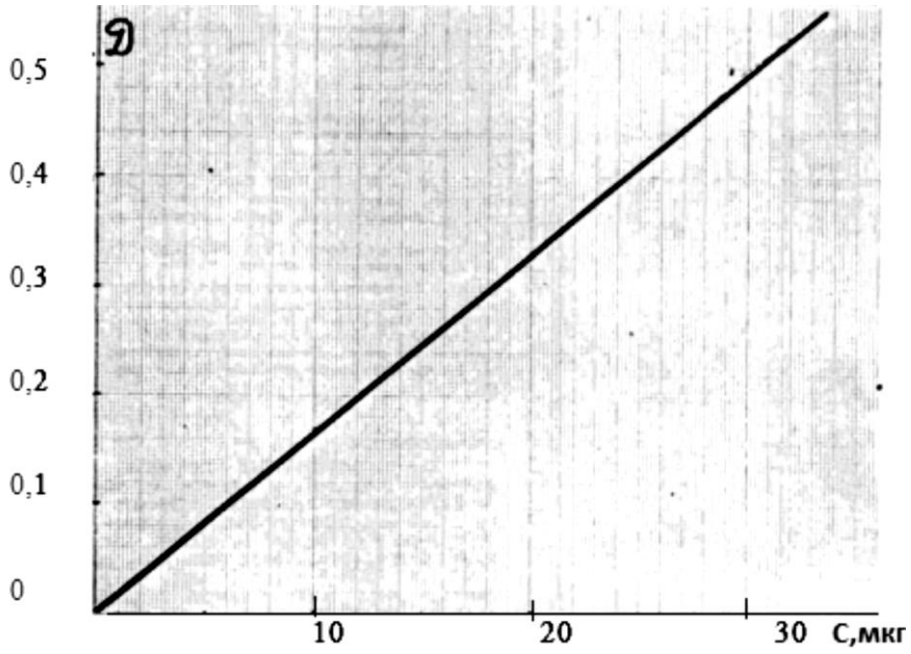
За сутки с мочой выделяется 113,7–283,9 мкмоль (10–25 мг) пировиноградной кислоты.

Принцип метода. Пировиноградная кислота, взаимодействуя с 2,4-динитрофенилгид-разином в щелочной среде, образует 2,4-динитрофенилгидразоны пировиноградной кислоты желто-оранжевого цвета, интенсивность окрашивания которых пропорциональна концентрации пировиноградной кислоты.

Ход работы. Берут 2 пробирки: в контрольную наливают 1 мл H_2O, а в опытную — 1 мл мочи. Затем в обе пробирки приливают по 0,5 мл 2,4-динитрофенилгидразина и оставляют на 20 мин при комнатной температуре. После этого в каждую пробирку добавляют по 5 мл 0,4н NaOH и через 10 мин колориметрируют опытную пробу против контрольной пробы на реактивы в кюветах 10 мм с зеленым светофильтром (длина волны 540 нм).

Расчет проводят по готовому калибровочному графику. Найденную величину умножают на суточный диурез (1500 мл для мужчин и 1200 мл для женщин) и получают содержание пировиноградной кислоты в суточной моче. Коэффициент пересчета в единицы СИ (мкмоль/сут) — 11,4.

Клинико-диагностическое значение. При авитаминозе и гиповитаминозе B_1 в крови и других тканях, особенно в мозге, накапливается большое количество пировиноградной кислоты и увеличивается ее выделение с мочой. Содержание этой кислоты в крови возрастает при сахарном диабете, сердечной недостаточности, гиперфункции гипофизарно-адрена-ловой системы. Количество пировиноградной кислоты увеличивается после введения некоторых лекарств — камфоры, стрихнина, адреналина. При наркозе содержание этой кислоты в крови снижается.



Калибровочный график зависимости величины оптической плотности раствора (D) от концентрации ПВК в пробе

Результат: **D =** **C =**

Расчет:

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 11
ВТОРИЧНЫЕ ПУТИ ОБМЕНА ГЛЮКОЗЫ. МЕТАБОЛИЗМ ГАЛАКТОЗЫ, ФРУКТОЗЫ, ЭТАНОЛА. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ

Актуальность темы. Пентозофосфатный путь (ПФП) и глюкуроновый путь обмена глюкозы не приводят к синтезу АТФ. Они выполняют следующие главные функции: 1) образование НАДФН·H^+ для восстановительных синтезов (ПФП); 2) обеспечение рибозой синтеза нуклеотидов и нуклеиновых кислот (ПФП); 3) образование глюкуроновой кислоты для синтеза гетероплисахаридов соединительной ткани и детоксикации продуктов метаболизма и ксенобиотиков (чужеродных веществ) в печени путем их связывания и выведения в виде глюкуронидов (глюкуроновый путь).

Недостаточность ряда ферментов ПФП — причина гемолиза эритроцитов. Тот факт, что аскорбиновая кислота — незаменимый компонент пищи у морских свинок и приматов (в том числе и человека), объясняется отсутствием одного из ферментов синтеза этого витамина из гулоновой кислоты (у большинства других млекопитающих он есть).

Будущему врачу необходимо четко представлять, как протекает метаболизм фруктозы и галактозы у человека, поскольку недостаточная активность ферментов, участвующих в обмене этих гексоз, приводит к таким заболеваниям, как идиопатическая фруктозурия и галактоземия. Знание особенностей обмена этанола в организме необходимо для понимания патогенеза алкоголизма и основных подходов к его терапии.

Концентрация глюкозы в крови поддерживается на постоянном уровне и находится под строгим гормональным контролем. В связи с этим патологические изменения со стороны эндокринной системы нередко сопровождаются нарушением и углеводного обмена. Так, недостаток инсулина приводит к гипергликемии и сахарному диабету.

Цель занятия: сформировать представление о значении пентозофосфатного и глюкуронового путей превращения глюкозы; изучить метаболизм галактозы, фруктозы, этанола; усвоить роль гормональной регуляции обмена углеводов в поддержании концентрации глюкозы в крови для умения интерпретировать

характер биохимических нарушений у больных при патологии углеводного обмена.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

▪ *биоорганической химии*:

– строение и свойства рибозы, дезоксирибозы, галактозы, фруктозы, глюкуроновой кислоты;

– реакции альдольной конденсации;

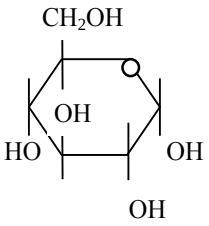
▪ *нормальной физиологии*:

– нейрогормональные механизмы регуляции углеводного обмена.

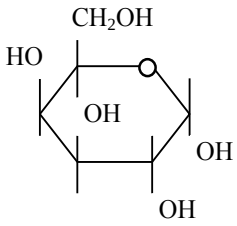
Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Напишите названия углеводов:

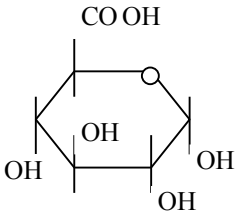
а.



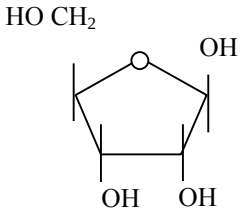
б.



в.



г.



Правильность решения проверьте, сопоставив его с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Пентозофосфатный путь (субклеточная локализация, этапы, ключевые ферменты, метаболиты, биологическая роль).

2. Глюкуроновый путь (тканевая и субклеточная локализация, пути метаболизма глюкуроновой кислоты, биологическая роль).

3. Катаболизм фруктозы в печени, схема реакций. Нарушения обмена фруктозы (эссенциальная фруктозурия, врожденная непереносимость фруктозы), молекулярные механизмы, подходы к диагностике и лечению.

4. Катаболизм галактозы в печени, схема реакций. Нарушение обмена галактозы (галактоземия), причины, подходы к диагностике и лечению.

5. Метаболизм экзогенного этанола (пути, схема реакций).

6. Регуляция содержания глюкозы в крови. Механизмы регуляторного действия гормонов (инсулин, адреналин, глюкагон, глюкокортикоиды и др.).

Литература для подготовки

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 232–248, 734–739.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 182–192.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 142–162.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Биохимия* человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993. Т. 1. С. 199–224.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Рассмотрите реакции, составляющие окислительный этап ПФП. Обратите внимание на то, что в двух реакциях дегидрирования в качестве кофермента используется $НАДФ^+$.

1.1. Вспомните и укажите сходство и различия в структуре и функциях $НАДН{\cdot}H^+$ и $НАДФН{\cdot}H^+$.

1.2. Запомните:

а) отличия неокислительного этапа ПФП от окислительного (ферменты, коферменты, обратимость реакций). Обратите внимание на значение окислительной и неокислительной части ПФП;

б) наиболее активно ПФП протекает в печени, жировой ткани, лактирующей молочной железе, коре надпочечников, половых железах, эритроцитах, макрофагах.

Умейте объяснить значение ПФП для этих клеток и тканей.

1.3. Обратите внимание на то, что окислительный путь образования пентоз и путь превращения пентоз в гексозы (неокислительный) вместе могут составлять циклический процесс — пентозофосфатный цикл. Выучите суммарное уравнение пентозофосфатного цикла. Напишите стехиометрические коэффициенты для превращения:

$$? \text{ Пентозо-5-фосфат} \longrightarrow ? \text{ глюкозо-6-фосфат}.$$

Задание 2. Ознакомьтесь со схемой глюкуронового пути обмена углеводов. Отметьте для себя главные промежуточные метаболиты этого пути.

2.1. Умейте объяснить роль глюкуронового пути для печени и фибробластов, ответьте на вопрос: какие из приведенных утверждений о глюкуроновом пути обмена глюкозы являются справедливыми?

А. Обеспечивает потребности гепатоцитов в УДФ-глюкуроновой кислоте для реакций обезвреживания билирубина, стероидов, лекарственных веществ и ксенобиотиков.

Б. Метаболиты глюкуронового пути используются для синтеза протеогликанов основного вещества соединительной ткани.

В. Это источник гулоновой кислоты для синтеза аскорбиновой кислоты у большинства животных.

Г. Это дополнительный путь синтеза пентоз.

Д. Выполняет энергетическую функцию.

2.2. Разберитесь, в чем будет проявляться недостаточность фермента, превращающего L-ксилулозу в D-ксилулозу.

Задание 3. Запомните, что сродство фермента гексокиназы к фруктозе значительно ниже, чем к глюкозе, поэтому вероятность участия этого фермента в превращении фруктозы крайне мала. Напишите реакцию, которую катализирует печеночный фермент — фруктокиназа:

3.1. Оцените последствия недостаточности ферментов, участвующих в превращении фруктозы в глюкозу. Верны ли высказывания:

А. Эссенциальная фруктозурия сопровождается выведением нефосфорилированной фруктозы с мочой, ПОТОМУ ЧТО дефицит фермента фруктокиназы не позволяет осуществлять нормальный метаболизм экзогенной фруктозы;

Б. При генетически обусловленной непереносимости фруктозы наблюдается индуцируемая фруктозой гипоглюкоземия, потому что накапливающийся фруктозо-1-фосфат блокирует мобилизацию глюкозы из гликогена путем ингибирования фосфорилазы печени.

3.2. Подпишите ферменты и коферменты, которые осуществляют цепочку превращений:

Глюкоза ⟶ сорбит ⟶ фруктоза

Ответьте на вопрос: обратим ли этот процесс?

Задание 4. Разберитесь, каким образом включается в метаболизм галактоза, поступающая с пищей.

4.1. У ребенка с рождения отмечаются рвота и диарея после каждого кормления. При обследовании выявлено отставание в массе тела, увеличение печени, желтуха, задержка нервно-психического развития, частичное помутнение хрусталика.

Ответьте на вопросы:

А. Ваш предположительный диагноз?

Б. Лабораторный анализ активности какого фермента можно провести, чтобы подтвердить диагноз?

В. Какие рекомендации по кормлению ребенка Вы дадите матери?

4.2. Запомните, что галактоза необходима:

а) для синтеза лактозы в лактирующей молочной железе;

б) для синтеза гликолипидов, гликопротеинов и протеогликанов.

Обратите внимание на возможность синтеза галактозы из глюкозы и умейте схематически изобразить этот процесс.

Задание 5. Рассмотрите основной путь метаболизма этилового спирта. Запомните, что метаболизм этанола на 90 % происходит в печени, поэтому при любой патологии, сопровождающейся нарушением функции печени, наблюдается снижение толерантности к алкоголю.

5.1. Для окисления 50 г этанола требуется такое же количество $НАД^+$, как и для окисления 200 г глюкозы. Причем обмен этанола осуществляется значительно быстрее, чем окисление глюкозы. Учитывая эту информацию, ответьте на вопросы:

а) как изменится при приеме алкоголя отношение $НАДН{\cdot}Н^+ / НАД^+$ в клетках печени?

б) как изменится в этих условиях концентрация пирувата и лактата в клетках печени?

Ответ подтвердите соответствующей реакцией.

5.2. Верно ли высказывание: при приеме алкоголя отмечается гипогликемия**, ПОТОМУ ЧТО** в этих условиях в клетках печени снижается концентрация пирувата, что приводит к снижению скорости глюконеогенеза, являющегося одним из источников глюкозы в крови.

Задание 6. Заполните таблицу, обобщающую сведения о влиянии гормонов на обмен углеводов, выбирая правильные варианты ответов из приведенных ниже:

Название гормона	**Место синтеза гормона**	**Химическая природа гормона**	**Ткани-мишени**	**Влияние на процессы обмена углеводов**	**Влияние на концентрацию глюкозы в крови**
Инсулин					
Адреналин					
Глюкагон					
Кортизол					

6.1. Место синтеза гормона:

а) α-клетки островков Лангерганса поджелудочной железы;

б) клетки коркового слоя надпочечников;

в) клетки мозгового слоя надпочечников;

г) β-клетки островков Лангерганса поджелудочной железы.

6.2. По химической природе представляют собой:

а) белок;
б) полипептид;
в) производное тирозина;
г) стероид.

6.3. Ткани-мишени для этих гормонов:

а) печень;

б) мышечная ткань (гладкая, поперечно-полосатая);

в) жировая ткань.

6.4. Концентрация глюкозы в крови зависит от скорости следующих процессов:

а) поступление глюкозы из кишечника в кровь;

б) синтез гликогена;

в) мобилизация гликогена;

г) глюконеогенез;

д) поступление глюкозы из крови в клетки.

6.5. Запомните: концентрация глюкозы в плазме (сыворотке) крови в норме – **3,9–6,1 ммоль/л.**

6.6. Подберите соответствующие пары гормон – механизм действия:

1. Кортизол.
2. Адреналин.
3. Инсулин.

А. Активация аденилатциклазы → повышение уровня цАМФ в клетке → активация протеинкиназы А → фосфорилирование ферментов, участвующих в обмене глюкозы, и изменение их активности.

Б. Ускорение транспорта глюкозы через мембраны клеток-мишеней, активация фосфодиэстеразы и снижение уровня цАМФ в клетке.

В. Индукция синтеза ферментов на генетическом уровне.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

ПРОВЕРЬТЕ ВАШИ ЗНАНИЯ (САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ)

Задание 1. Тиаминпирофосфат — необходимый кофермент для следующего фермента ПФП:

А. Эпимераза. В. Изомераза. Д. Дегидрогеназа.
Б. Трансальдолаза. Г. Транскетолаза.

Задание 2. Применение некоторых лекарственных препаратов может вызвать гемолиз эритроцитов, снижение содержания гемоглобина в крови, желтуху (лекарственная гемолитическая анемия). Причиной является нарушение в эритроцитах реакции восстановления дисульфидной формы глутатиона в сульфгидрильную:

$$Г\text{-}S—S\text{-}Г + НАДФН{\cdot}H^{+} \longrightarrow 2\ Г\text{-}SH + НАДФ^{+}.$$

Восстановленный глутатион (Г-SH) — необходимый фактор для восстановления SH-групп в гемоглобине, поддержания нормальной формы эритроцитов, стабилизации клеточной мембраны и т. д. Недостаточная активность каких ферментов ПФП может быть причиной заболевания?

Задание 3. Метаболиты ПФП могут быть использованы для синтеза:

А. $НАД^{+}$. Г. Кофермента А.
Б. ФАД. Д. Жирных кислот.
В. УТФ. Е. Половых гормонов.

Задание 4. Пищевая фруктоза фосфорилируется в печени и расщепляется с образованием:

А. Двух молекул фосфодиоксиацетона.
Б. Молекулы фосфодиоксиацетона и глицеринового альдегида.
В. Молекулы диоксиацетона и 3-фосфоглицеринового альдегида.
Г. Молекулы фосфодиоксиацетона и 3-фосфоглицеринового альдегида.
Д. Двух молекул 3-фосфоглицеринового альдегида.

Задание 5. Какой из следующих ферментов не участвует в реакциях последовательного превращения галактозы в УДФ-глюкозу?

А. Галактокиназа. В. Фосфоглюкомутаза.
Б. Эпимераза. Г. Уридилтрансфераза.

Задание 6. У больного хронический гепатит с признаками печеночной недостаточности. На приеме у врача он спрашивает, как часто может употреблять спиртные напитки. Что бы вы посоветовали больному? Обоснуйте свой ответ.

Задание 7. Кофеин ингибирует 3′,5′-фосфодиэстеразу, превращающую цАМФ в АМФ. Какой из перечисленных эффектов будет наблюдаться после воздействия кофеина?

А. Снижение активности протеинкиназы А в печени.
Б. Снижение активности протеинкиназы А в мышцах.
В. Повышение активности пируваткиназы в печени.
Г. Снижение активности гликогенсинтазы в печени.

Задание 8. Почечный порог для глюкозы составляет:

А. 5,5 ммоль/л. В. 20 ммоль/л.
Б. 10 ммоль/л. Г. 30 ммоль/л.

Ситуационная задача 1.

У ребенка с рождения отмечаются рвота и диарея после каждого кормления. При обследовании выявлен дефицит массы тела, увеличение печени, желтуха, задержка нервно-психического развития, частичное помутнение хрусталика.

Какие нарушения обмена углеводов можно предположить у пациента?

Лабораторный анализ активности какого фермента необходимо провести, чтобы подтвердить диагноз?

Какие рекомендации по кормлению ребенка можно дать матери для устранения клинических симптомов?

Ситуационная задача 2.

Больной сахарным диабетом после инъекции инсулина не смог своевременно поесть. На работе его состояние резко ухудшилось. Врач скорой помощи при осмотре отмечает беспокойство больного, бледность и влажность кожных покровов, угнетение рефлексов. Уровень глюкозы в крови составляет 2,8 ммоль/л.

С чем может быть связана такая низкая концентрация глюкозы в крови?

Какое влияние оказывает гормон инсулин на обмен углеводов?

Что из перечисленного (адреналин, инсулин, нитроглицерин) следует срочно ввести этому пациенту?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — а) глюкоза; б) галактоза; в) глюкуроновая кислота; г) рибоза.

***Для самостоятельной работы*:**

2.1 — А, Б, В, Г. 3.1. А — верно; Б — верно.

4.1. А — галактоземия; Б — Гал-1-фосфат-уридилтрансфераза; В — исключить галактозу из пищи (искусственное вскармливание).

5.1 — а) увеличится; б) пируват снижается, лактат нарастает; 5.2 — верно.

6.6. 1 — В; 2 — А; 3 — Б, В.

Лабораторная работа (60 минут)

Определение концентрации глюкозы в сыворотке крови ферментативным методом.

Принцип метода. Метод основан на следующих ферментативных реакциях:

$$\text{Глюкоза} + H_2O + O_2 \xrightarrow[\textit{Глюкозооксидаза}]{} \text{Глюконолактон} + H_2O_2$$

$$H_2O_2 + \text{4-аминоантипирин} + \text{фенол} \xrightarrow[\textit{Пероксидаза}]{} \text{Хинонимин} + 4H_2O$$

Образующийся продукт имеет розовую окраску. Интенсивность окраски прямо пропорциональна концентрации глюкозы и измеряется фотометрически.

Ход работы. Белки сыворотки крови осаждают депротеинизирующим реагентом. Глюкозу определяют в надосадочной жидкости после центрифугирования.

Схема постановки опыта:

	Опытная проба, мл	**Стандартная проба, мл**
В центрифужные пробирки вносят:		
Сыворотка крови	0,1	–
Стандартный раствор глюкозы	–	0,1
Депротеинизирующий раствор (3 % ТХУ)	1,0	1,0
Перемешивают и центрифугируют только опытную пробу при 3000 об/мин в течение 8 минут		
В сухие пробирки вносят:		
Надосадочная жидкость	0,2	0,2
Рабочий раствор ферментов	2,0	2,0
Перемешивают и инкубируют реакционную смесь 10 мин при 37 °С		

По окончании инкубации измеряют оптическую плотность опытной и стандартной проб на ФЭК (длина волны 490–540 нм) в кюветах 5 мм против контроля.

Контрольная проба содержит 0,2 мл депротеинизирующего раствора и 2,0 мл рабочего раствора ферментов. Контрольную пробу можно готовить одну на группу.

Расчет производят по формуле:

$$C_{оп.} = E_{оп.} \cdot C_{ст.} / E_{ст.},$$

где $C_{оп.}$ — концентрация глюкозы в крови (ммоль/л); $C_{ст.}$ — концентрация глюкозы в стандартном растворе (5,5 ммоль/л); $E_{оп.}$ — экстинкция опытной пробы; $E_{ст.}$ — экстинкция стандартной пробы.

Расчет:

Результат: Еоп = Ест =

Клинико-диагностическое значение. Нормальные величины концентрации глюкозы в плазме и сыворотке крови — 3,9–6,1 ммоль/л, в спинномозговой жидкости — около 2,78–3,89 ммоль/л.

Увеличение содержания глюкозы в крови (гипергликемия) наблюдается при сахарном диабете, остром панкреатите, панкреатических циррозах, эмоциональных стрессах, после эфирного наркоза, обильного приема углеводов с пищей, а также при повышении гормональной активности ряда желез (щитовидной, гипофиза, коркового и мозгового слоя надпочечников).

Снижение уровня глюкозы в крови (гипогликемия) встречается при поражении паренхимы печени, нарушении ферментативной активности при распаде гликогена; недостаточной функции щитовидной железы, надпочечников, гипофиза; передозировке инсулина при лечении сахарного диабета, нарушении всасывания углеводов, отравлениях фосфором, бензолом, хлороформом, при недостатке приема с пищей углеводов, после больших потерь крови.

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 12
КОЛЛОКВИУМ ПО ТЕМАМ «ВВЕДЕНИЕ В МЕТАБОЛИЗМ», «ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПУТИ», «БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ», «ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ», «ОБМЕН УГЛЕВОДОВ»

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Метаболизм. Понятие о катаболизме (привести примеры) и об анаболизме (привести примеры), различия и связь между ними на уровне субстрата, восстановленных коферментов, энергии и регуляторов обмена.

2. Виды метаболических путей. Понятие о ключевых (регуляторных) ферментах. Центральные (общие) пути метаболизма.

3. Адениловая система, ее компоненты, роль в клетке. Способы синтеза АТФ в клетке и способы ее гидролиза. Перечислите реакции и процессы, сопряженные с гидролизом АТФ. Их роль для клеток и организмов.

4. Окислительное декарбоксилирование ПВК. Почему процесс окислительного декар-боксилирования пирувата называют центральным метаболическим путем (покажите на схеме катаболизма)? Напишите суммарное уравнение и реа-

кции окислительного декарбоксилирования пирувата. Укажите ферменты и коферменты пируватдегидрогеназного комплекса. Какие витамины участвуют в этом процессе? Что произойдёт при дефиците этих витаминов в организме? Как осуществляется регуляция пируватдегидрогеназного комплекса? Рассчитайте энергетический выход (в молях АТФ) окисления пирувата до конечных продуктов обмена.

5. Цикл трикарбоновых кислот. Почему цикл Кребса является центральным метаболическим путем? Покажите на схеме. Функции ЦТК. Что такое анаплеротические реакции (пример такой реакции)? Напишите схему ЦТК, назовите витамины, участвующие в этом процессе. Какие реакции цикла Кребса связаны с комплексами дыхательной цепи? Сколько моль АТФ можно при этом получить? Покажите это на схеме ферментов тканевого дыхания. Рассчитайте энергетический баланс окисления ацетил-КоА. Катаболическая функция цикла Кребса. Умейте рассчитать и показать на схеме, сколько АТФ синтезируется в митохондриях при окислении различных субстратов (аминокислоты) до конечных продуктов:

а) тир $\rightarrow$ фумарат $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

б) про $\rightarrow$ α-кетоглутарат $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

в) асн $\rightarrow$ оксалоацетат $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

г) арг $\rightarrow$ α-кетоглутарат $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

д) мет $\rightarrow$ сукцинил-КоА $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

е) фен $\rightarrow$ ацетил-КоА $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

ж) вал $\rightarrow$ сукцинил-КоА $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

з) гис $\rightarrow$ α-кетоглутарат $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$;

и) иле $\rightarrow$ сукцинил-КоА $\rightarrow$ $CO_2 + H_2O$.

6. Виды биологического окисления. Витамины РР и B_2 как участники окислительно-восстановительных реакций. Нарисуйте блок-схемы $НАД^+$, $НАДФ^+$, ФМН и ФАД. Оксигеназный путь утилизации кислорода в клетках. Ферменты. Окисление в микросомах. Схема микросомальной цепи. Сравните оксидазный и оксигеназный пути утилизации кислорода. Роль этих процессов в клетке.

7. Тканевое дыхание. Схема ферментов тканевого дыхания. Комплексы дыхательной цепи. Укажите на схеме участки с энергией, достаточной для образования АТФ. На основании какого измеряемого показателя можно определить количество энергии, выделяемой в реакции переноса электронов? Регуляция активности ферментов дыхательной цепи, роль АДФ, АТФ. Умейте изобразить схему ферментов тканевого дыхания для НАД-зависимых и ФАД-зависимых субстратов. Умейте включать субстраты цикла Кребса (изоцитрат, α-кето-глутарат, малат, сукцинат) в дыхательную цепь. Определите, чему равен коэффициент фосфорилирования (Р/О) для каждого из этих субстратов. На схеме обязательно указывайте участки сопряжения транспорта электронов и фосфорилирования. Можно ли использовать для окисления субстратов в митохондриях $НАДФ^+$? Роль $НАДФ^+$ в клетке.

8. Что такое окислительное фосфорилирование (определение, субклеточная локализация)? Основные положения теории П. Митчелла, объясняющие механизм окислительного фосфорилирования. Как изменяется процесс окислительного фосфорилирования при недостатке кислорода в клетках (объяснить механизм)? Что такое разобщение окислительного фосфорилирования? Какими свойствами должен обладать разобщитель? Как изменяется поглощение кислорода при действии разобщителей (пояснить механизм)? Сравните механизмы окислительного и субстратного фосфорилирования. Какой из них преобладает в митохондриях?

9. Гипоэнергетические состояния. Ингибиторы переноса электронов по дыхательной цепи. В каком состоянии (окисленном или восстановленном) будут находиться переносчики электронов при блокаде цепи: а) производными барбитуровой кислоты; б) малоновой кислотой; в) цианидами, угарным газом; г) ротеноном; д) антимицином А?

10. Переваривание углеводов. Что понимают под врожденной непереносимостью дисахаридов? Причины нарушения переваривания лактозы. Лактулоза и обоснование её использования в питании. Роль пищевых волокон (клетчатка, пектины) в питании человека. Механизмы всасывания углеводов в кишечнике.

11. Механизм транспорта глюкозы в клетки. Напишите реакцию активирования поступившей в клетку глюкозы и укажите пути ее дальнейшего превращения.

12. Химизм реакций неокислительного и окислительного этапов анаэробного гликолиза. Биологическая роль гликолиза, назначение лактатдегидрогеназной реакции. Регуляция анаэробного распада глюкозы. Какой из ключевых ферментов гликолиза является ключевым и для других путей обмена глюкозы? Регуляторная роль 2,3-дифосфоглицерата. Энергетический выход гликолиза. Механизм синтеза АТФ в анаэробных условиях.

13. Химизм спиртового брожения (неокислительный этап, окислительный этап). Реакции, общие для спиртового брожения и гликолиза. Различия этих двух процессов.

14. Обмен экзогенного этанола (схема), тканевая локализация процесса. Механизм развития алкогольной гипогликемии и лактацидемии.

15. Аэробное окисление глюкозы. Этапы и их субклеточная локализация, энергетический выход (расчет проводите поэтапно) и механизмы синтеза АТФ. Уровни регуляции, ключевые ферменты и их регуляторы. Сравните энергетический выход анаэробного и аэробного (поэтапно) окисления глюкозы и механизмы синтеза АТФ.

16. Судьба конечных продуктов гликолиза — пировиноградной и молочной кислот. Какова судьба лактата, образовавшегося в эритроцитах? Этапы и энергетический выход аэробного окисления лактата (расчет проводите поэтапно). Пути метаболизма пирувата. Какой путь утилизации пирувата стимулируется при энергодефиците в клетках?

17. Глюконеогенез. Биологическая роль, субклеточная локализация, субстраты, ключевые ферменты и регуляция процесса. Химизм ключевых реакций.

Умейте рассчитать энергетический баланс синтеза моля глюкозы из ПВК и ЩУК.

18. Схема гликогенеза в гепатоцитах и миоцитах. Каковы запасы углеводов в мышцах, в печени и в целом организме? Рассчитайте энерготраты включения молекулы (моля) глюкозы в молекулу гликогена. Гормональная регуляция гликогенеза. Как проявляется у человека снижение активности гликогенсинтазы? Что такое агликогеноз?

19. Гликогенолиз, биологическая роль. Что такое фосфоролиз и гидролиз гликогена? Возможны ли реакции гидролиза гликогена в клетках? Схема фосфоролиза гликогена. Знайте различия этого процесса в печени и мышцах. Есть ли в этих различиях биологический смысл, а если есть, то какой? Изобразите схему гликогенолиза под влиянием глюкагона, тканевая локализация. Механизмы активирования гликогенфосфорилазы адреналином (схема). Покажите на схеме, что выгоднее в энергетическом отношении: сразу окислять глюкозу или вначале присоединить ее к гликогену или это не имеет значения (расчет провести для анаэробных условий). Что называют гликогенозами? Причины болезни Гирке, болезни Помпе.

20. Пентозофосфатный путь распада глюкозы, этапы, биологическая роль.

21. Изобразите схематически образование УДФ-глюкозы. Какова биологическая роль процессов, использующих УДФ-глюкозу? Значение глюкуронового пути расщепления глюкозы в печени и фибробластах.

22. Превращение галактозы в глюкозу (схема). Каковы причины галактоземии? Синтез галактозы из глюкозы (схема). Напишите реакцию синтеза лактозы в клетках молочной железы.

23. Схема превращения фруктозы в глюкозу. Причины эссенциальной фруктозурии и врождённой непереносимости фруктозы.

24. Методы определения содержания глюкозы в крови и ее физиологическая концентрация. Гормональная регуляция уровня глюкозы в крови.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму для студентов МФИУ:

1. Метаболизм, катаболизм и анаболизм, их различия и связь между ними. Линейные и циклические метаболические пути, регуляторные (ключевые ферменты).

2. Пиридин-зависимые и флавин-зависимые дегидрогеназы. Блок-схемы коферментов $НАД^+$, $НАДФ^+$, ФАД, ФМН.

3. Адениловая система, ее компоненты, роль в клетке. Способы синтеза АТФ: субстратное, окислительное и фотосинтетическое фосфорилирование.

4. Окислительное декарбоксилирование пирувата как центральный метаболический путь. Пируват-дегидрогеназный комплекс (ферменты, коферменты, схема реакций).

5. Цикл трикарбоновых кислот как центральный метаболический путь. Клеточная локализация ЦТК, схема реакций, ферменты, коферменты. Функции ЦТК. Анаплеротические реакции.

6. Тканевое дыхание. Схема ферментов тканевого дыхания. Комплексы ферментов, коферменты, механизм функционирования. Схема дыхательной цепи, пункты фосфорилирования, механизм формирования электрохимического потенциала. H^+-АТФ-синтаза. Хемиосмотическая теория Митчелла. Коэффициент фосфорилирования (Р/О) для различных субстратов, поставляющих водород в дыхательную цепь. Регуляция работы дыхательной цепи и H^+-АТФ-синтазы.

7. Причины развития гипоэнергетических состояний. Разобщение окислительного фосфорилирования (механизм, разобщители). Ингибиторы переноса электронов и окислительного фосфорилирования.

8. Переваривание углеводов, продукты, нарушения переваривания. Роль клетчатки и пектинов в питании человека.

9. Всасывание продуктов переваривания углеводов, молекулярные механизмы. Судьба всосавшихся моносахаридов. Транспорт глюкозы в клетки.

10. Синтез гликогена, назначение, последовательность реакций, энергозатраты и регуляция. Агликогеноз.

11. Распад гликогена в печени и мышцах, последовательность реакций, регуляция. Гликогенозы.

12. Гликолиз, биологическая роль, субклеточная локализация, этапы (неокислительный, гликолитической оксидоредукции), реакции, ферменты, энергетический выход и механизм образования АТФ. Регуляция гликолиза, ключевые ферменты.

13. Пируват как центральный метаболит. Пути превращения ПВК в зависимости от энергетического статуса и особенностей окислительного метаболизма клеток.

14. Глюконеогенез, назначение, субстраты, ключевые реакции и ферменты, регуляция, энергозатраты.

15. Аэробное окисление глюкозы до CO_2 и H_2O (этапы, энергетический выход, механизмы образования АТФ).

16. Пентозофосфатный путь, субклеточная локализация, этапы, ключевые ферменты, метаболиты, биологическая роль, регуляция.

17. Глюкуроновый путь (тканевая и субклеточная локализация, биологическая роль).

18. Регуляция содержания глюкозы в крови. Механизмы регуляторного действия гормонов (инсулин, адреналин, глюкагон, глюкокортикоиды и др.). Определение концентрации глюкозы в крови (глюкозооксидазный метод).

ОБМЕН ЛИПИДОВ

Занятие 13
ОБМЕН ЛИПИДОВ: ПЕРЕВАРИВАНИЕ, ВСАСЫВАНИЕ, РЕСИНТЕЗ. ТРАНСПОРТ ЭКЗОГЕННЫХ ЛИПИДОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЛИПАЗ

Актуальность темы. Липиды — важная составная часть пищевых продуктов не только вследствие высокой энергетической ценности, но также и потому, что в натуральных пищевых жирах содержатся жирорастворимые витамины и «незаменимые» жирные кислоты (полиненасыщенные). Такие жирные кислоты в организме — предшественники эйкозаноидов — липидных гормонов, играющих важную роль в развитии воспаления, аллергии, процесса свертывания крови.

Переваривание липидов в желудочно-кишечном тракте — сложный биохимический процесс. Для создания физиологических условий гидролиза липидов в кишечнике необходимо полноценное функционирование нескольких органов: печени, поджелудочной железы, тонкого кишечника. Дефект участия этих органов в усвоении пищевых липидов организмом приводит к нарушению обмена жиров и развитию патологических проявлений. Одно из таких проявлений — стеаторея (появление в фекалиях непереваренных жиров).

Поскольку липиды — гидрофобные соединения, их присутствие в кровотоке возможно только в виде специальных транспортных форм — липопротеинов. Хиломикроны (один из классов липопротеинов) служат для доставки липидов из кишечника в различные ткани и печень. Нарушения на уровне образования липопротеинов (или их утилизации) являются причинами развития различных форм гипо- и гиперлипопротеинемий. Наиболее распространенные заболевания, связанные с нарушениями обмена липидов, — сахарный диабет и атеросклероз.

Цель занятия: закрепить знания по химии липидов; усвоить молекулярные механизмы переваривания и всасывания липидов пищи, ресинтеза липидов, транспорта экзогенных липидов по кровеносному руслу для последующего анализа биохимических аспектов нарушений этих процессов.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *общей химии*:
  - свойства поверхностно-активных веществ, мицеллообразование;
  - титрометрические методы анализа;
- *биоорганической химии*:
  - строение и свойства многоатомных спиртов (глицерол, инозитол), природных высших карбоновых кислот;
  - строение простых липидов (восков и нейтральных жиров);
  - особенности структуры и физико-химических свойств фосфолипидов и желчных кислот;

– состав и свойства желчи, ее участие в процессах пищеварения. Механизмы регуляции желчеобразования и желчевыделения;

– состав и свойства пищеварительных соков; переваривание жиров и всасывание продуктов гидролиза жиров.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Вспомните, что природные жирные кислоты бывают насыщенными и ненасыщенными. Полиеновые жирные кислоты являются незаменимыми факторами питания и делятся на 2 группы — ω-3 и ω-6 — в зависимости от положения двойной связи от углеродного атома последней (метильной) группы.

Подберите для каждой жирной кислоты соответствующее обозначение:

1. Пальмитиновая.	А. 18:2 ω-6.
2. Стеариновая.	Б. 18:3 ω-3.
3. Олеиновая.	В. 20:5 ω-3.
4. Линолевая.	Г. 20:4 ω-6.
5. Линоленовая.	Д. 18:1 ω-9.
6. Арахидоновая.	Е. 18:0.
7. Эйкозапентаеновая.	Ж. 16:0.

Задание 2. При добавлении к капле неэмульгированного жира солей желчных кислот образовалось 10^{12} мелких капель жира. Каким свойством желчных кислот можно объяснить их эмульгирующее действие?

А. Амфифильностью.

Б. Растворимостью только в воде.

В. Растворимостью только в неполярных растворителях.

Г. Нерастворимостью в воде.

Д. Нерастворимостью в органических растворителях.

Задание 3. В растворе с помощью специфических реакций определены следующие продукты гидролиза: глицерол и жирные кислоты. Какое вещество было подвергнуто гидролизу?

А. Холестерол. В. Фосфатидилхолин. Д. Сфингозин.

Б. Триацилглицерол. Г. Холевая кислота.

Задание 4. Обратите внимание, что в составе глицеролипидов ненасыщенные жирные кислоты обычно располагаются во втором (β)-положении. Напишите формулу 1-пальмитоил-2-линолеоил-3-стеароилглицерола. Это соединение*:*

А. Гидрофильное. Б. Гидрофобное. В. Амфифильное.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Общая характеристика и классификация липидов (омыляемые и неомыляемые, простые и сложные). Характеристика групп липидов (химические формулы и номенклатура ацилглицеролов и глицерофосфолипидов; блок-схемы

строения восков, сфингофосфо-липидов, гликолипидов, сульфолипидов). Биологическая роль липидов.

2. Липиды пищи. Переваривание липидов, этапы. Эмульгирование (назначение, факторы, стабилизация жировой эмульсии). Желчь, желчные кислоты (первичные, конъюгированные, вторичные). Место образования, участие в усвоении липидов пищи. Печеночно-кишечная рециркуляция желчных кислот.

3. Гидролиз липидов (схемы превращений). Ферменты (место образования, субстратная специфичность). Механизмы активации панкреатической липазы. Всасывание (механизмы, мицеллярное растворение, судьба мицелл). Представление о нарушениях переваривания и всасывания липидов.

4. Ресинтез триацилглицеролов и глицерофосфолипидов в энтероцитах. Транспортные формы липидов в крови. Строение и метаболизм хиломикронов.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 249–270.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 193–210, 213–216.
3. *Березов, Т. Т.* Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. Москва : Медицина, 1990. С. 276–291, 305–309, 315–316.
4. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 163–186.
5. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.
2. *Биохимия* человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993. Т. 1. С. 151–164, 238–246, 256–268. Т. 2. С. 287–290, 295–296.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Вспомните классификацию липидов и напишите формулы триацилглицеролов и глицерофосфолипидов. Запомните, что важное свойство некоторых липидов — *амфифильность*, т. е. способность взаимодействовать как с гидрофобными, так и с гидрофильными молекулами. Обратите внимание на то, что липиды выполняют разные функции в зависимости от их строения и свойств. Сопоставьте перечисленные липиды с характерными для них функциями:

1. Холестерол.	А. Резерв энергии.
2. Триацилглицеролы.	Б. Компоненты биомембран.
3. Полиненасыщенные жирные кислоты.	В. Предшественник стероидных гормонов, витамина D_3, желчных кислот.
4. Фосфолипиды.	
5. Гликолипиды.	Г. Субстраты для синтеза эйкозаноидов.

Задание 2. Запомните этапы переваривания и всасывания пищевых жиров (эмульгирование, гидролиз, образование мицелл и всасывание в слизистую кишечника). Умейте назвать факторы, способствующие эмульгированию жиров, и механизм стабилизации эмульсии под действием солей желчных кислот, исходя из структуры этих соединений.

2.1. Укажите, какая из перечисленных желчных кислот является наиболее сильным эмульгатором:

А. Холевая.
Б. Хенодезоксихолевая.
В. Гликохолевая.
Г. Литохолевая.
Д. Дезоксихолевая.

2.2. Подберите место образования для вышеперечисленных желчных кислот:

1) печень; 2) кишечник; 3) поджелудочная железа.

2.3. Изучите схему печеночно-кишечной рециркуляции желчных кислот и обратите внимание на то, что ежедневно с калом выделяется 0,5–1 г желчных кислот. Это единственный значимый путь выведения холестерола из организма.

Задание 3. Эмульгирование гидрофобных жиров — одно из условий эффективной работы панкреатической липазы. Напишите в общем виде реакции поэтапного гидролиза ТАГ под действием этого фермента с учетом того, что панкреатическая липаза с большей скоростью расщепляет в жирах сложноэфирные связи в α-положении. Подчеркните основные конечные продукты переваривания жиров.

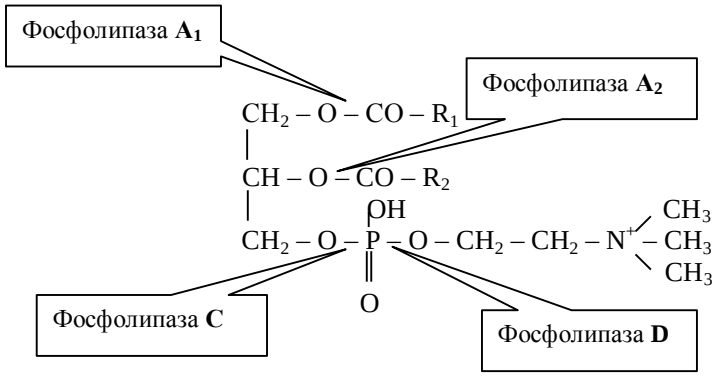
3.1. Выберите правильный вариант ответа: перед всасыванием в слизистую тонкого кишечника из желчных кислот, холестерола и амфифильных продуктов гидролиза жиров (жирных кислот и β-моноацилглицеролов) образуются:

А. Смешанные мицеллы.
Б. Липосомы.
В. Секреторные гранулы.
Г. Триацилглицеролы.

3.2. Запомните, что признаком нарушения переваривания и всасывания жиров является стеаторея. При этом кал больного содержит нерасщепленный жир и имеет серовато-белый цвет. Выполните следующее задание: из левого столбика таблицы выберите состояния, которые могут привести к стеаторее; из правого столбика выберите возможные последствия нарушения переваривания липидов:

1. Снижение секреции или активности панкреатической липазы (панкреатит).	А. Повышение уровня ТАГ в крови.
2. Нарушение эмульгирования жиров вследствие недостаточного поступления желчи в просвет кишечника (желчнокаменная болезнь).	Б. Нарушение всасывания жирорастворимых витаминов («куриная слепота», кровоточивость).
3. Нарушение функции печени и уменьшение синтеза желчных кислот (гепатит).	В. Нарушение всасывания незаменимых полиненасыщенных жирных кислот.
4. Дисбактериоз.	Г. Ожирение.

3.3. Переваривание фосфолипидов происходит под действием панкреатических фосфолипаз с образованием глицерола, высших жирных кислот, азотистых соединений и фосфорной кислоты. Рассмотрите рисунок. Запомните, какие связи специфически гидролизуют разные виды фосфолипаз:



Задание 4. Запомните, что в клетках слизистой оболочки кишечника (в энтероцитах) происходит ресинтез ТАГ и фосфолипидов из всосавшихся продуктов гидролиза. Выучите реакции ресинтеза липидов.

4.1. Верно ли высказывание: состав жирных кислот ресинтезированных липидов может отличаться от пищевых жиров, потому что субстраты ресинтеза жиров — не только всосавшиеся жирные кислоты, но и жирные кислоты, синтезированные в слизистой кишечника.

4.2. Для транспорта гидрофобных продуктов ресинтеза (ТАГ и эфиров холестерола) из кишечника служат хиломикроны (один из классов липопротеинов). Ознакомьтесь с общим принципом строения липопротеиновых частиц и укажите компоненты, которые составляют в хиломикроне:

А. Внутреннюю часть:

Б. Наружную часть:

4.3. Выберите особенности, характеризующие транспорт экзогенных липидов:

А. Хиломикроны поступают непосредственно в кровоток.

Б. Хиломикроны поступают в лимфу.

В. После гидролиза ТАГ в составе хиломикронов липопротеинлипазой, располагающейся на эндотелии сосудов, жирные кислоты поступают в клетки различных тканей.

Г. Окончательное расщепление ремнантов хиломикронов на составные компоненты происходит в гепатоцитах.

4.4. Запомните: у людей с наследственным дефектом липопротеинлипазы в крови повышается концентрация ТАГ и хиломикронов. К внешним проявлениям гиперлипидемии относится ксантоматоз (отложение жировых бляшек в коже и сухожилиях).

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Все перечисленные липиды относятся к глицерофосфолипидам, кроме:

А. Дипальмитоилфосфатидилхолина.

Б. Фосфатидной кислоты.

В. Сфингомиелина.

Г. Фосфатидилсерина.

Д. Фосфатидилинозитола.

Задание 2. Пищевые жиры в ЖКТ подвергаются ферментативному гидролизу. В каком отделе ЖКТ происходит расщепление жиров у взрослых людей?

А. Ротовой полости.

Б. Толстом кишечнике.

В. Желудке.

Г. Тонком кишечнике.

Д. Пищеводе.

Задание 3. Больному с хроническим панкреатитом в курсе комплексной терапии рекомендован препарат желчи. Какие компоненты желчи участвуют в переваривании жиров?

А. Высшие жирные насыщенные кислоты.

Б. Холестерол и его эфиры.

В. Соли желчных кислот.

Г. Панкреатическая липаза.

Д. Диацилглицеролы.

Е. Панкреатическая α-амилаза.

Задание 4. Сыворотка крови больного, взятой утром натощак, имеет молочный вид. При анализе обнаружено высокое содержание ТАГ и хиломикронов. Наследственный дефект какого фермента приводит к хиломикронемии?

А. Тканевой гормон-чувствительной липазы.

Б. Холестеролэстеразы.

В. Липопротеинлипазы.

Г. Панкреатической липазы.

Д. Фосфолипазы.

Задание 5. Какой из перечисленных ферментов высвобождает арахидоновую кислоту из мембранных фосфолипидов?

А. Фосфолипаза A_1.

Б. Фосфолипаза A_2.

В. Панкреатическая липаза.

Г. Гормон-чувствительная липаза.

Ситуационная задача.

При онкологических заболеваниях поджелудочной железы часто может развиваться механическая желтуха вследствие сдавления желчных протоков злокачественными новообразованиями. В таком случае проводится операция по установлению наружного дренажа желчных протоков. При этом происходит отток

желчи в специальный дренажный мешок. Пациентам рекомендуется пить собранную желчь.

Объясните необходимость употребления собранной желчи.

Назовите основную биологическую роль желчных кислот в переваривании липидов.

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 (1 – Ж; 2 – Е; 3 – Д; 4 – А; 5 – Б; 6 – Г; 7 – В). 2 — А. 3 — Б. 4 — Б.

***Для самостоятельной работы*:**

1 (1 – Б, В; 2 – А; 3 – Г; 4 – Б; 5 – Б).

2.1 — В; 2.2. А – 1; Б – 1; В – 1; Г – 2; Д – 2.

3.1 — А; 3.2. — 1, 2, 3; Б, В.

4.1 — верно; 4.2. А — ТАГ, эфиры холестерола; Б — фосфолипиды, холестерол, апо-белки (апо-В48); 4.3 — Б, В, Г.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Кинетика действия панкреатической липазы.

Принцип метода. Скорость действия липазы в отдельных порциях молока определяется по количеству жирных кислот, образующихся при гидролизе жира молока за определенный промежуток времени. Количество жирных кислот определяют титрованием щелочью.

Ход работы. В два стаканчика наливают по 10 мл молока. В 1-й стаканчик приливают 1 мл воды, а во 2-й — 1 мл желчи. Затем в каждый стаканчик добавляют по 1 мл 10 % раствора панкреатина (сока поджелудочной железы, который содержит липазу). Жидкость в стаканчиках быстро перемешивают. Из каждого стаканчика отбирают по 1 мл смеси в колбы, добавляют 1–2 капли 0,5 % раствора фенолфталеина и титруют 0,05 н раствором NaOH до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 30 секунд. Полученное значение титрования — это «время реакции «0». Оба стаканчика помещают в термостат при 38 °С. Через каждые 10 минут из стаканчиков отбирают по 1 мл смеси в чистые колбы и титруют 0,05 н раствором NaOH в присутствии фенолфталеина до слабо-розовой окраски. Проводят 5 таких определений.

При построении графиков из каждого полученного значения вычитают величину, полученную при первом титровании («время реакции «0»). В этом случае кривые пройдут через начало координат, так как вычитается результат титрования исходного количества жирных кислот, присутствовавших в молоке. На основании полученных данных строят две кинетические кривые, отражающие процесс гидролиза жира под действием фермента липазы в зависимости от наличия или отсутствия желчи.

Результаты:

№ стакана	Результат титрования	Время инкубации					
		0 мин	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин	50 мин
1. Контроль (с водой)	Объем NaOH, мл						
2. Опыт (с желчью)	Объем NaOH, мл						

Вывод:

Работа 2. Действие фосфолипаз поджелудочной железы.

Принцип метода. О действии фосфолипаз поджелудочной железы на глицерофосфолипиды яичного желтка можно судить по появлению свободной фосфорной кислоты, способной образовывать желтый осадок при нагревании с молибдатом аммония.

Ход работы. В две пробирки наливают по 5 капель суспензии яичного желтка. В 1-ю пробирку добавляют 2 капли панкреатина, а во 2-ю (контрольную) — 2 капли воды. Обе пробирки помещают в термостат при 38 °С на 30 мин. После инкубации в обе пробирки наливают по 5 капель молибденового реактива, нагревают их на пламени спиртовки и охлаждают водопроводной водой.

Результат:

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 14
ТРАНСПОРТ ЛИПИДОВ КРОВЬЮ. ОБМЕН ХОЛЕСТЕРОЛА. ДЕПОНИРОВАНИЕ И МОБИЛИЗАЦИЯ ЛИПИДОВ. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ β-ЛИПОПРОТЕИНОВ

Актуальность темы. Процессы депонирования и мобилизации липидов из жировых депо взаимосвязаны и подвержены четкой гормональной регуляции.

Холестерол — важный элемент мембранной структуры, предшественник стероидных гормонов, витамина D, желчных кислот. Холестерол присутствует в пищевых жирах и может синтезироваться многими тканями. Механизм его синтеза находится под строгим метаболическим контролем. Холестерол экскретируется с желчью либо в неизменном виде, либо в виде продуктов его метаболизма — желчных кислот. С нарушением обмена липидов и холестерола связаны такие заболевания, как ожирение, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, желчнокаменная болезнь. Потому понимание вопросов синтеза, распада, транспорта и регуляции обмена липидов и холестерола необходимо при изучении этих заболеваний.

Липопротеиновый спектр плазмы крови — основной показатель липидного обмена в организме, и изменение соотношения липопротеинов свидетельствует о нарушении метаболизма липидов.

Цель занятия: изучить процессы синтеза и распада липидов в организме; сформировать представление о механизме синтеза холестерола в клетках; приобрести навыки количественного определения β-липопротеинов в крови.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *биоорганической химии*:

– холестерол: вторичный спирт — производное циклопентанпергидрофенантрена, строение, свойства.

- *биологической химии*:

– гликолиз и пентозофосфатный путь окисления глюкозы, окислительное фосфорилирование.

Задание для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Исследуемое вещество подвергли гидролизу и с помощью качественных реакций определили в гидролизате жирные кислоты и миристиновый спирт. Какое вещество исследовалось?

А. Холевая кислота. В. Фосфатидилхолин.

Б. Триацилглицерол. Г. Воск.

Правильность решения проверьте, сопоставив его с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Синтез ТАГ и глицерофосфолипидов в печени и жировой ткани (химизм, общие этапы синтеза, различия). Транспортные формы липидов в крови. Строение и метаболизм ЛПОНП, ЛППП, ЛПНП, ЛПВП. Классификация дислипопротеинемий по Фредриксону.

2. Холестерол, биологическая роль, пищевые источники. Выведение холестерола из организма, желчные кислоты как основной конечный продукт обмена холестерола. Представление о желчнокаменной болезни. Биосинтез холестерола (тканевая и субклеточная локализация, субстраты, этапы, химизм I этапа, регуляция).

3. Механизмы поддержания баланса холестерола в клетках. Транспорт холестерола (ЭХ) во внепеченочные клетки, роль апоB_{100}. Роль ЛПВП и ЛХАТ в разгрузке клеток от избытка холестерола. Метаболизм эфиров холестерола, роль АХАТ, холестеролэстеразы.

4. Гиперхолестеролемия и ее причины. Биохимия атеросклероза, гиперхолестеролемия как фактор риска, другие факторы риска. Механизм атерогенного действия аполипопротеина (а). Основы профилактики и диагностики гиперхолестеролемий, атеросклероза (индекс атерогенности).

5. Мобилизация липидов из жировой ткани (жировая ТАГ-липаза, гормончувствительная липаза, их активация и регуляция). Роль депонирования и мобилизации жиров.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 263–264, 270–300.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 210–231, 254–258.
3. *Биологическая* химия / А.Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 182–183, 186–199, 208–212, 214–217.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Маршалл, В. Дж.* Клиническая биохимия / В. Дж. Маршалл. Москва : БИНОМ, Санкт-Петербург : Невский Диалект, 1999. 368 с.
2. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Холестерол — структурный компонент биомембран всех тканей организма. Для синтеза различных биологически активных веществ в организме используется свободный холестерол, тогда как этерифицированная форма — резерв холестерола в клетке.

1.1. Из организма человека ежедневно выводится около 1 г холестерола. Укажите наиболее значимые пути выделения холестерола:

А. В составе хиломикронов.

Б. В виде солей желчных кислот.

В. Выделение с фекалиями.
Г. В виде стероидных гормонов.
Д. Расщепляется до ацетил-КоА.

1.2. Назовите источники и пути использования холестерола в организме.

Задание 2. Выучите последовательность реакций синтеза холестерола из ацетил-КоА до образования мевалоната, обратите внимание на ферменты.

2.1. Ответьте на вопрос: можно ли снижением потребления холестерола с пищей до 100 мг/ сут вызвать снижение концентрации холестерола в крови?

Задание 3. Выучите строение и роль различных липопротеинов в транспорте холестерола в организме, участие ЛПНП и ЛПВП в переносе холестерола из кровотока в ткани и избытка холестерола из тканей в печень.

3.1. Выберите, в какой форме пищевой холестерол поступает в кровоток:
А. ЛПНП. Б. ЛПВП. В. ЛПОНП. Г. Хиломикронов.

Задание 4. При интенсивной физической работе активируется мобилизация нейтральных жиров из депо.

4.1. Какой фермент осуществляет внутриклеточный липолиз?
А. Пепсин.
Б. Гормон-чувствительная липаза.
В. Липопротеинлипаза.
Г. Эндопептидаза.
Д. Фосфолипаза.

4.2. Каким гормоном активируется этот фермент?
А. Инсулином.
Б. Глюкагоном.
В. Кальцитонином.
Г. Окситоцином.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. У больного после курса лечения атеросклероза и строгого соблюдения диетологических рекомендаций в плазме крови лабораторно подтверждено повышение уровня антиатерогенных липопротеинов. Какие липопротеины являются антиатерогенными?
А. ЛПОНП. Б. ЛПНП. В. ЛПВП. Г. Хиломикроны.

Задание 2. У людей, в рационе которых преобладает растительная пища и рыба, значительно снижен риск заболевания атеросклерозом. Какие вещества, входящие в состав этих продуктов, могут оказывать антиатерогенное действие? Их роль в обмене холестерола?

Задание 3. Каким гормоном регулируется скорость мобилизации жиров при изменении режима питания?
А. Глюкагоном.
Б. Окситоцином.
В. Адреналином.
Г. Кальцитонином.
Д. Паратирином.

Задание 4. При обследовании подростка, страдающего ксантоматозом, выявлена семейная гиперхолестеролемия. Концентрация каких липопротеинов резко повышена в крови при данной патологии?

А. Хиломикронов. Б. ЛПНП. В. ЛПОНП. Г. ЛПВП.

Задание 5. Для ситуации, когда происходит депонирование липидов, характерно:

А. Повышение секреции инсулина.

Б. Увеличение в крови концентрации свободных жирных кислот.

В. Увеличение в крови концентрации ЛПОНП и хиломикронов.

Г. Повышенная активность гормон-чувствительной липазы.

Д. Повышенная активность липопротеинлипазы.

Задание 6. Сравните особенности биосинтеза липидов (триацилглицеролов) в различных тканях. Заполните таблицу:

Ткань	**Исходные субстраты синтеза**	**Форма транспорта липидов из органа**
Слизистая оболочка тонкой кишки		
Печень		
Жировая ткань		

Задание 7. Какие положения правильны для ситуации, когда происходит мобилизация липидов?

А. Концентрация жирных кислот в крови выше нормы.

Б. Концентрация ЛПОНП выше нормы.

В. Гормон-чувствительная липаза находится в фосфорилированной форме.

Г. Липопротеинлипаза находится в фосфорилированной форме.

Д. Активность липопротеинлипазы снижена.

Задание 8. Сравните биосинтез триацилглицеролов в печени и жировой ткани:

1. Биосинтез жиров в печени.
2. Биосинтез жиров в жировой ткани.
3. Оба процесса.
4. Ни один.

А. Свободный глицерол используется для синтеза жиров.

Б. В процессе биосинтеза образуется фосфатидная кислота.

В. Стимулируется при низкой концентрации глюкозы в крови.

Г. Синтезируемый жир образует вакуоли, заполняющие цитоплазму.

Ситуационная задача.

У ребенка (14 лет) наблюдаются ксантомные узелки (сухожильные утолщения) на пятках и желтоватые образования вокруг глаз (ксантелазмы). При генетическом обследовании у ребенка установлено нарушение структуры гена рецептора апоВ100. Со слов родителей, у родственников были сердечно-сосудистые заболевания.

Какой диагноз можно заподозрить у данного пациента?

Какое дополнительное обследование необходимо провести?
Какова роль рецептора к белку апоВ100 в обмене липидов в крови?

Ответы к решению заданий
***Для самопроверки исходного уровня знаний*:** 1 — Г.
***Для самостоятельной работы*:**
1.1 — Б, В. 2.1 — да. 3.1 — Г. 4.1 — Б; 4.2 — Б.

Лабораторная работа (60 минут)

Определение содержания β-липопротеинов (липопротеинов низкой плотности) в плазме крови.

Большинство липидов находятся в крови не в свободном состоянии, а в составе белково-липидных комплексов (липопротеинов). Фракции липопротеинов отличаются по относительной молекулярной массе, количеству белка, процентному содержанию отдельных липидных компонентов. Липопротеины можно разделить различными методами: электрофореза, тонкослойной хроматографии, ультрацентрифугирования в солевых растворах различной плотности. При электрофоретическом разделении липопротеинов плазмы крови (на хроматографической бумаге, ацетатцеллюлозе, агаре, в полиакриламидном геле) получают фракции хиломикронов и липопротеинов различной плотности: α-липопротеины (ЛПВП) имеют подвижность α-глобулинов, β-липопротеины (ЛПНП) обладают подвижностью β-глобулинов. Пре-β-липопротеины (ЛПОНП) на электрофореграмме располагаются от линии старта перед β-липопротеинами, поэтому у них такое название.

Определение содержания β-липопротеинов в плазме крови имеет значение для диагностики атеросклероза, острых и хронических заболеваний печени, ксантоматоза и других патологий.

Принцип метода. Фотометрический метод. В основу метода положена способность β-липопротеинов (ЛПНП) осаждаться в присутствии хлорида кальция и гепарина; при этом изменяется мутность раствора. По степени помутнения раствора и судят о концентрации β-липопротеинов в сыворотке крови.

Ход работы. В пробирку вносят 2 мл 0,025 М раствора $CaCl_2$ и 0,2 мл сыворотки крови, перемешивают. Определяют оптическую плотность раствора (E_1) против раствора $CaCl_2$ на колориметре в кюветах 5 мм при красном светофильтре (630 нм). В кювету добавляют 0,1 мл раствора гепарина, перемешивают и точно через 4 мин снова определяют оптическую плотность раствора (E_2) в тех же условиях.

Расчет. Вычисляют разность оптических плотностей и умножают ее на 10 — эмпирический коэффициент, предложенный Ледвиной, т. к. построение калибровочной кривой сопряжено с рядом трудностей:

$$x\ (г/л) = (E_2 - E_1) \cdot 10.$$

В норме содержание β-липопротеинов составляет 3–4,5 г/л. Содержание β-липопротеинов колеблется в зависимости от возраста и пола.

Результаты: E_1 = E_2 =

Расчет:

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 15
ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ ОБМЕН ЖИРНЫХ КИСЛОТ. КЕТОНОВЫЕ ТЕЛА. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХОЛЕСТЕРОЛА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ

Актуальность темы. Жирные кислоты — неотъемлемый составной компонент большинства липидов. Понимание механизмов синтеза и распада жирных кислот имеет большое практическое значение в деятельности врача. Многие болезни, врожденные и приобретенные, определяются нарушениями в соотношении процессов анаболизма и катаболизма жирных кислот. Нарушение соотношения незаменимых жирных кислот в питании может приводить к существенным изменениям в составе эйкозаноидов и, как следствие, к различной патологии.

Один из важных показателей липидного обмена — содержание кетоновых тел. Кетоновые тела содержатся в крови здорового человека в небольших количествах. Однако, при сахарном диабете, голодании концентрация кетоновых тел может повышаться в несколько раз, развивается кетонемия.

Цель занятия: изучить процессы окисления и синтеза жирных кислот; познакомиться с метаболизмом кетоновых тел; сформировать представление об эйкозаноидах и их функциях; приобрести навыки определения холестерола и кетоновых тел.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *биоорганической химии*:

– реакции альдольной конденсации, формирование и характеристика сложноэфирной связи, высшие жирные кислоты (строение, номенклатура, свойства); ПОЛ, продукты ПОЛ;

– кетоновые тела и их свойства;

- *биологической химии*:

– центральные пути метаболизма (окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты, ЦТК);

– пентозофосфатный путь;

– дихотомический распад глюкозы;

– окислительное фосфорилирование.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Определите количество моль АТФ, синтезируемое за счет полного окисления одного моля:

1. Глюкозы.	А. 17.
2. Ацетил-КоА.	Б. 18.
3. Сукцинил-КоА.	В. 10.
4. Фосфодиоксиацетона.	Г. 25.
	Д. 32(30).

Задание 2. В исследуемой моче определили выраженную кислую реакцию за счет вещества, обладающего свойствами кетонов. Какое из перечисленных веществ может обусловить это изменение pH мочи?

А. Ацетон.
Б. Янтарная кислота.
В. Угольная кислота.
Г. Ацетоуксусная кислота.
Д. Уксусная кислота.

Задание 3. В моче больного с выраженной кислой реакцией определили содержание
β-гидроксибутирата. Из какого предшественника он может образоваться?

А. Ацетон.
Б. Ацетоуксусная кислота.
В. Масляная кислота.
Г. Янтарная кислота.
Д. γ-Оксимасляная кислота.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. β-Окисление как центральный путь катаболизма жирных кислот. Субклеточная локализация процесса, активация жирных кислот, транспорт в митохондрии. Химизм окисления, участие витаминов. Сопряжение с процессом окислительного фосфорилирования и энергетический выход. β-Окисление жирных кислот с нечетным количеством углеродных атомов, ненасыщенных жирных кислот. Особенности β-окисления в пероксисомах.

2. α-Окисление и ω-окисление как вторичные пути обмена жирных кислот. Субклеточная локализация, продукты, биологическая роль.

3. Биосинтез жирных кислот. Субклеточная локализация, субстраты, химизм, регуляция. Особенности строения ацилсинтазы. Роль малик-фермента.

4. Синтез ненасыщенных жирных кислот. Субстраты, ферментные системы. Полиненасыщенные) жирные кислоты как незаменимые факторы питания. Представители, биологическая роль.

5. Метаболизм арахидоновой кислоты. Биосинтез эйкозаноидов (простагландины, простациклины, лейкотриены, тромбоксаны) и их биологическая роль.

6. Кетогенез: тканевая и субклеточная локализация, субстраты, химизм. Оксиметилглутариловый путь образования кетоновых тел. Молекулярные механизмы кетонемий при сахарном диабете, недостаточном углеводном питании,

голодании. Утилизация кетоновых тел (взаимопревращения, активация, включение в метаболизм, энергетика окисления).

7. Ацетил-КоА как центральный метаболит. Пути его потребления в клетках. Взаимосвязь липидного и углеводного обмена. Пути превращения глицерола в клетках. Энергетический баланс окисления глицерола.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 286, 300–325.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 234–249, 258–260.
3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 200–208, 212–214.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Биохимия* человека / Р. Марри [и др.]. Москва : Мир, 1993.
2. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Рассчитайте энергетический выход β-окисления жирных кислот. Для этого нужно помнить, что:

А. Число молей ацетил-КоА, образующихся в результате окисления жирных кислот с четным числом атомов углерода (n), можно рассчитать по формуле: $n/2$.

Б. Каждый моль ацетил-КоА далее окисляется в ЦТК с образованием 10 моль АТФ.

В. В каждом витке β-окисления происходят две реакции дегидрирования, в которых восстанавливаются одна молекула НАД$^+$ (НАДН·Н$^+$) и одна молекула ФАД ($ФАДН_2$), поэтому каждый виток дает четыре АТФ при сопряжении с процессом окислительного фосфорилирования.

Г. Число витков можно рассчитать по формуле: $n/2 - 1$, т. к. в последний виток β-окисления всегда вступает бутирил-КоА и при его расщеплении образуется два ацетил-КоА, а не один, как во всех предыдущих витках.

Д. Суммарный выход АТФ для β-окисления жирных кислот с четным числом атомов углерода можно рассчитать по формуле:

$$[(n/2) \cdot 10 + (n/2 - 1) \cdot 4] - 2^*$$

* Две АТФ расходуется на активацию жирных кислот.

1.1. Рассчитайте количество АТФ, образующееся при окислении одной молекулы трипальмитоилглицерола.

Алгоритм решения:

1) Напишите реакцию гидролиза этого соединения.

2) Рассчитайте количество АТФ, образующееся при окислении каждой молекулы пальмитиновой кислоты до CO_2 и H_2O.

3) Напишите реакции катаболизма глицерола (глицерол → фосфоглицерол → → диоксиацетонфосфат → глицеральдегидфосфат) до CO_2 и H_2O.

4) Рассчитайте количество АТФ, образующееся при окислении одной молекулы глицерола до CO_2 и H_2O.

5) Рассчитайте суммарный выход АТФ при полном окислении трипальмитоилглицерола.

1.2. При каком условии активируется β-окисление жирных кислот?

А. При уменьшении синтеза малонил-КоА в цитозоле.

Б. При увеличении концентрации НАДН·H^+ в митохондриях.

В. При гипоксии.

Г. При наличии большого количества глюкозы.

Задание 2.

2.1. Напишите реакции первого витка синтеза пальмитиновой кислоты:

2.2. Напишите суммарное уравнение синтеза пальмитиновой кислоты и посчитайте количество циклов, необходимых для ее синтеза:

2.3. Сколько молекул глюкозы нужно затратить, чтобы синтезировать 1 молекулу трипальмитоилглицерола? Какие пути метаболизма глюкозы поставляют субстраты для липогенеза?

2.4. Укажите, какие из приведенных ниже жирных кислот

1) Синтезируются в организме.	А. 18:2 (9, 12).
2) Не синтезируются в организме и должны поступать с пищей.	Б. 18:1 (9).
	В. 18:3 (9, 12, 15).
	Г. 18:0.
	Д. 16:0.

2.5. При каких условиях будет увеличиваться синтез жирных кислот?

А. При повышении концентрации глюкозы в крови после еды.

Б. При снижении секреции инсулина.

В. При увеличении секреции глюкагона.

Г. При дефосфорилировании ацетил-КоА-карбоксилазы.

Д. При избыточном поступлении жиров с пищей.

Задание 3.

3.1. Укажите, какие функции регулируют перечисленные ниже эйкозаноиды:

1. Лейкотриены.	А. Сокращение гладких мышц, липолиз, секреция, проницаемость, электролитный баланс, свертывание крови.
2. Простагландины.	
3. Тромбоксаны.	Б. Хемотаксис, воспаление, аллергические реакции, сокращение гладкой мускулатуры бронхов и ЖКТ.
	В. Агрегация тромбоцитов, сужение сосудов и бронхов, регуляция уровня цАМФ в тромбоцитах.

3.2. Известно, что аспирин необратимо ингибирует циклооксигеназу.

А. Объясните, почему аспирин в малых дозах может применяться для предотвращения образования тромбов.

Б. У некоторых людей (с генетической предрасположенностью) принятие аспирина может вызвать приступ бронхиальной астмы — так называемую аспириновую астму. Помогут ли данному больному стероидные препараты?

Задание 4. Изучите пути образования кетоновых тел в печени и их метаболизм. Обратите внимание на то, что ацетоацетат и β-гидроксибутират образуются в норме в небольших количествах, а ацетон — лишь при значительном накоплении кетоновых тел (голодание, сахарный диабет).

4.1. Какие органы в норме используют ацетоацетат в качестве источника энергии?

А. Печень. Б. Сердце. В. Мозг. Г. Скелетная мускулатура.

4.2. Оцените энергетический эффект (в молях АТФ) окисления 1 моль ацетоацетата до CO_2 и H_2O. Расчет запишите:

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1.

1.1. Один цикл β-окисления включает четыре последовательные реакции. Выберите правильную последовательность:

А. Окисление, дегидратация, окисление, расщепление.

Б. Восстановление, дегидрирование, восстановление, расщепление.

В. Дегидрирование, гидратация, дегидрирование, расщепление.

Г. Гидрирование, дегидратация, гидрирование, расщепление.

Д. Восстановление, гидратация, дегидрирование, расщепление.

1.2. Известно наследственное заболевание, при котором в скелетных мышцах снижена концентрация карнитина в результате дефекта ферментов, участвующих в его синтезе. Ответьте на вопросы:

А. Как скажется на способности выполнять длительную работу снижение концентрации карнитина?

Б. Под микроскопом в клетках таких мышц видны вакуоли жира. Объясните их происхождение.

Задание 2.

2.1. Охарактеризуйте виды окисления жирных кислот.

Вид окисления	Локализация	Виды окисляемых жирных кислот
ω-Окисление		
α-Окисление		
β-Окисление	1)	
	2)	

2.2. Назовите причину и проявления болезни Рефзума.

Задание 3. Изучив метаболизм жирных кислот, заполните таблицу.

Процессы	**β-Окисление**	**Биосинтез**
Локализация процесса		
Исходный субстрат		
Переносчик субстрата через митохондриальную мембрану		
Коферменты окислительно-восстановительных реакций		
Источник присоединяемого фрагмента или отщепляемый фрагмент		
Регуляторные ферменты		
Регулирующие факторы		
Активаторы		
Ингибиторы		

Задание 4. У пациента обнаружено повышение содержания кетоновых тел в крови. При каких состояниях организма наблюдается кетонемия?

А. При длительной мышечной работе.

Б. При избытке углеводов в пище.

В. При отсутствии жиров в пище.

Г. При голодании.

Д. При нарушении переваривания жиров.

Ситуационная задача.

Пациент с излишней массой тела резко ограничил употребление углеводов, увеличил потребление продуктов с высоким содержанием белков и липидов. Через несколько недель его состояние ухудшилось: появилась тошнота, рвота, тахикардия, повышенная утомляемость. На приеме терапевт почувствовал исходящий от пациента запах ацетона.

Какие метаболические нарушения могли привести к развитию данной симптоматики?

Напишите схемы соответствующих метаболических процессов.

При каких патологических состояниях могут развиваться подобные нарушения?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 (1 – Д; 2 – В; 3 – Г; 4 – А). 2 — Г. 3 — Б.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1 — 336,5. 1.2 — А. 2.3 — 34 молекулы глюкозы.

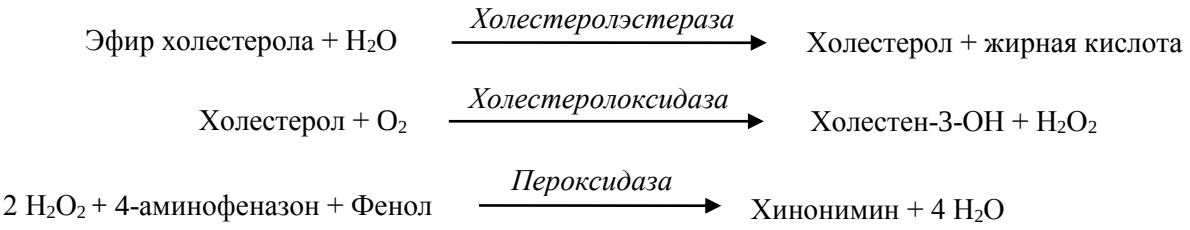
2.4. 1 – Б, Г, Д; 2 – А, В; 2.5 — А, Г.

3.1. 1 – Б; 2 – А; 3 – В. 4.1 — Б, Г; 4.2 — 20 АТФ.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Определение концентрации общего холестерола в сыворотке крови ферментативным методом.

Принцип метода. Определение холестерола после его ферментативного гидролиза и окисления. Индикатором является хинонимин, образуемый из перекиси водорода и 4-аминофеназона в присутствии фенола и пероксидазы.



Образующийся продукт имеет розовую окраску. Интенсивность окраски прямо пропорциональна концентрации холестерола и измеряется фотометрически.

Схема постановки опыта:

Содержимое пробирок	**Опытная проба, мл**	**Стандартная проба, мл**
Сыворотка крови	0,02	—
Стандартный раствор холестерола	—	0,02
Рабочий раствор ферментов	2,0	2,0
Перемешивают и инкубируют реакционную смесь 5 мин при 37 °С		

По окончании инкубации измеряют оптическую плотность опытной и стандартной проб на колориметре (длина волны 540 нм — зеленый светофильтр) в кюветах 5 мм против контроля. **Контрольная проба** содержит 2,0 мл рабочего раствора ферментов. Контрольную пробу можно готовить одну на группу.

***Расчет*:** С холест. (ммоль/л) = 5,17 × (Е пробы / Е станд.)

Норма холестерола в сыворотке крови — **3,9–6,2 ммоль/л**.

Клинико-диагностическое значение. При нарушении липидного обмена холестерол может накапливаться в крови. *Увеличение* уровня холестерола в плазме крови (гиперхолестеролемия) наблюдается при атеросклерозе, сахарном диабете, механической желтухе, нефрите, нефрозе (особенно при липоидных нефрозах), гипотиреозе. *Понижение* холестерола в крови (гипохолестеролемия) наблюдается при анемиях, голодании, туберкулезе, гипертиреозе, раковой кахексии, паренхиматозной желтухе, поражении центральной нервной системы, лихорадочных состояниях, при введении инсулина.

Результат: Еоп. = Ест. =

Расчет:

Вывод:

Работа 2. Качественные реакции на ацетон и ацетоуксусную кислоту.

2.1. ***Проба Легаля на ацетон*****.** Ацетон в щелочной среде дает с нитропруссидом натрия оранжево-красное окрашивание. После подкисления концентрированной уксусной кислотой образуется соединение вишневого цвета.

Ход работы. В пробирку вносят 1 каплю мочи, 1 каплю 10 % раствора NaOH и 1 каплю свежеприготовленного нитропруссида натрия. Появляется оранжево-красное окрашивание. Добавляют 3 капли концентрированной уксусной кислоты, появляется вишнево-красное окрашивание.

Результат:

2.2. ***Реакция Герхардта на ацетоуксусную кислоту.***

Ход работы. К 5 каплям мочи прибавляют по каплям 5 % раствор хлорного железа; при этом выпадает осадок фосфатов в форме $FePO_4$. При наличии ацетоуксусной кислоты дальнейшее прибавление хлорного железа приводит к появлению вишнево-красного окрашивания. При стоянии окраска бледнеет вследствие самопроизвольного декарбоксилирования ацетоуксусной кислоты.

Клинико-диагностическое значение. Гиперкетонемия и кетонурия наблюдаются при *сахарном диабете, голодании, гиперпродукции гормонов-антагонистов инсулина.*

Результат:

Выводы:

Подпись преподавателя:

Занятие 16
КОЛЛОКВИУМ ПО ТЕМЕ «ОБМЕН ЛИПИДОВ»

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Какие вещества относятся к липидам, простым липидам, неомыляемым и омыляемым липидам? Структура, физико-химические свойства и функции природных восков, ацилглицеролов, глицеро- и сфингофосфолипидов, гликолипидов, сульфолипидов. Умейте писать химические формулы ацилглицеролов, фосфатидной кислоты, фосфатидилинозита, лизолецитина, фосфатидилэтанола-

мина, фосфатидилсерина, фосфатидилхолина, пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот, блок-схемы строения церамида, цереброзидов и ганглиозидов (GM_1), сфингомиелина.

2. Этапы переваривания липидов в желудочно-кишечном тракте. Представители первичных, конъюгированных и вторичных желчных кислот. Место их образования, роль в переваривании липидов. Эмульгирующие свойства желчных кислот в просвете кишечника. Роль таурина и глицина. Печеночно-кишечная рециркуляция желчных кислот.

3. Умейте писать реакции β-окисления жирных кислот с четным и нечетным числом углеродных атомов, подсчитывать энергетический выход полного окисления отдельных жирных кислот и ацилглицеролов. Какие жирные кислоты подвергаются β-окислению в пероксисомах? Отличие β-окисления в митохондриях и пероксисомах.

4. В какой части клетки осуществляется α-гидроксилированние и ϖ-окисление жирных кислот? Метаболические последствия нарушения синтеза рецептора для фитанатгидроксилазы, нарушения в организме при болезни Рефзума.

5. Регуляторная взаимосвязь β-окисления жирных кислот в клетках и аэробного окисления глюкозы. Этапы превращения углеводов в депонируемые липиды (схема).

6. Ферментные системы, ответственные за образование ненасыщенных жирных кислот в клетке. Ненасыщенные жирные кислоты, относящиеся к группе незаменимых факторов питания. Схема синтеза арахидоновой кислоты и пути её использования.

7. Виды эйкозаноидов, закономерности их действия, функции в организме. Механизм действия противовоспалительных лекарственных препаратов нестероидной природы.

8. Условия, при которых активируется биосинтез жирных кислот в клетках. Внутриклеточная локализация этого процесса и происхождение исходных субстратов. Реакции синтеза жирных кислот. Уметь рассчитывать затрату молекул глюкозы на синтез молекулы заданного триацилглицерола.

9. Схемы путей образования $НАДФН{\cdot}Н^+$ для кетоацилредуктазной и еноилредуктазной реакций биосинтеза жирных кислот в гепатоцитах и адипоцитах.

10. Сколько АТФ нужно затратить на синтез жирных кислот (кислоты по вашему усмотрению), чтобы обеспечить ими образование одной молекулы глюкоцерамида?

11. Схема ферментов тканевого дыхания. Комплексы дыхательной цепи. Указать на схеме участки с энергией, достаточной для образования АТФ. На основании какого измеряемого показателя можно определить количество энергии, выделяемой в реакции переноса электронов? Регуляция дыхательной цепи, роль АДФ, АТФ.

12. Схема ферментов тканевого дыхания для $НАД^+$-зависимых и ФАД-зависимых субстратов. Умейте включать субстраты β-окисления жирных кислот (β-гидроксиацил-КоА, ацил-КоА) в дыхательную цепь. Знайте, чему равен коэф-

фициент фосфорилирования (Р/О) для каждого из этих субстратов. На схеме обязательно указывать участки сопряжения транспорта электронов и фосфорилирования. Можно ли использовать для окисления субстратов в митохондриях $НАДФ^+$? Роль $НАДФН{\cdot}H^+$ в клетке.

13. Что такое окислительное фосфорилирование (определение, субклеточная локализация)? Основные положения теории П. Митчелла, объясняющие механизм окислительного фосфорилирования. Что такое разобщение окислительного фосфорилирования? Какими свойствами должен обладать разобщитель? Примеры разобщителей. Как изменяется процесс окислительного фосфорилирования при недостатке кислорода в клетках (объяснить механизм)?

14. Ингибиторы переноса электронов по дыхательной цепи. В каком состоянии (окисленном или восстановленном) будут находиться переносчики электронов при блокаде цепи: а) производными барбитуровой кислоты; б) малоновой кислотой; в) цианидами, угарным газом; г) ротеноном; д) антимицином А?

15. Реакции образования β-гидрокси-β-метилглутарил-КоА и мевалоновой кислоты. Пути использования этих соединений в клетке. Регуляция активности ГМГ-КоА редуктазы.

16. Синтез холестерола в клетках (схема). Регуляция этого процесса, направленная на защиту клетки от перегрузки холестеролом. Составляющие механизма поддержания баланса холестерола в клетках, роль апо A_1, апо D, апо В-100, ЛХАТ, клеточных рецепторов, остатков хиломикронов, ЛППП и ЛПВП.

17. Факторы, способствующие высокому уровню холестерола в составе ЛПВП, в составе ЛПНП. Вероятный механизм участия холестерола в развитии атеросклероза. Происхождение и роль пенистых клеток. Исходя из метаболизма холестерола в организме и его регуляции, уметь обосновать подходы к снижению его уровня в крови.

18. Возможные механизмы атерогенного действия липопротеина (а).

19. Что такое дислипопротеинемия? Причины и проявления гиперлипопротеинемий I–V типов (по классификации Фредриксона).

20. Предложить механизм развития последствий в результате снижения активности липопротеинлипазы в крови, печеночной липазы, апо С-2, недостаточности рецепторов для апо В-48/Е.

21. Особенности синтеза триацилглицеролов в клетках жировой ткани, печени и ресинтеза в кишечнике (реакции этих процессов).

22. Метаболизм липопротеинов крови (ХМ, ЛПОНП, ЛППП, ЛПНП и ЛПВП).

23. Возможные причины повышения уровня свободных жирных кислот в крови. Роль аполипопротеинов, гормон-чувствительной липазы.

24. Месторасположение действия фосфолипаз A_1, A_2, С и D на структуру фосфолипидов. Реакции синтеза лецитина. Липотропные факторы, их роль в нарушении синтеза глицерофосфолипидов в печени. Механизм развития жирового перерождения печени.

25. Понятие «кетоновые тела», их химические формулы. Реакции синтеза кетоновых тел, локализация в клетке. Роль в организме. Уметь рассчитать количество молекул кетоновых тел, образующихся из одной молекулы заданной жирной кислоты.

26. Уметь писать реакции включения кетоновых тел в процесс энергопродукции, его органная и внутриклеточная локализация, энергетический выход.

27. Понятие «кетоз», вероятный механизм его происхождения при сахарном диабете, голодании.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму для студентов МФИУ:

1. Липиды, общая характеристика и классификация. Характеристика групп липидов (химические формулы и номенклатура ацилглицеролов и глицерофосфолипидов; блок-схемы строения восков, сфингофосфолипидов, гликолипидов, сульфолипидов).

2. Переваривание липидов, этапы. Эмульгирование (назначение, факторы, стабилизация жировой эмульсии). Желчь, желчные кислоты (первичные, конъюгированные, вторичные). Место образования, участие в усвоении липидов пищи. Печеночно-кишечная рециркуляция желчных кислот. Гидролиз липидов пищи (ферменты, схемы превращений). Всасывание (механизмы, мицеллярное растворение, судьба мицелл).

3. Ресинтез триацилглицеролов и глицерофосфолипидов в энтероцитах.

4. Транспортные формы липидов в крови. Строение и метаболизм хиломикронов.

5. Синтез ТАГ и глицерофосфолипидов в печени и жировой ткани (роль липотропных факторов).

6. Структура и метаболизм ЛПОНП (липопротеинов очень низкой плотности), ЛПП (липопротеинов промежуточной плотности), ЛПНП (липопротеинов низкой плотности), ЛПВП (липопротеинов высокой плотности). Биохимия атеросклероза, индекс атерогенности.

7. Холестерол, биологическая роль, биосинтез холестерола (тканевая и субклеточная локализация, субстраты, этапы, химизм I этапа, регуляция).

8. Мобилизация липидов из жировой ткани. Гормон-чувствительная липаза.

9. β-Окисление жирных кислот. Субклеточная локализация процесса, активация жирных кислот, транспорт в митохондрии. Химизм окисления, сопряжение с процессом окислительного фосфорилирования и энергетический выход. β-Окисление жирных кислот с нечетным количеством углеродных атомов, ненасыщенных жирных кислот. Особенности β-окис-ления в пероксисомах.

10. Биосинтез жирных кислот. Субклеточная локализация, субстраты, химизм, регуляция. Особенности строения ацилсинтазы. Роль малик-фермента.

11. Полиненасыщенные жирные кислоты как незаменимые факторы питания. Представители, биологическая роль.

12. Метаболизм арахидоновой кислоты. Биосинтез эйкозаноидов (простагландины, простациклины, лейкотриены, тромбоксаны) и их биологическая роль.

13. Кетогенез: тканевая и субклеточная локализация, субстраты, химизм. Молекулярные механизмы кетонемий при сахарном диабете и голодании. Утилизация кетоновых тел (взаимопревращения, активация, включение в метаболизм, энергетика окисления).

14. Ацетил-КоА как центральный метаболит.

15. Гормональная регуляция обмена липидов.

ОБМЕН БЕЛКОВ

Занятие 17
ПЕРЕВАРИВАНИЕ И ВСАСЫВАНИЕ БЕЛКОВ. АНАЛИЗ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА

Актуальность темы. Основным поставщиком азота в организме являются аминокислоты. Аминокислоты образуются в процессе протеолиза белков. Распад белков в организме осуществляют протеазы. Существует протеолиз двух типов — тотальный (неограниченный), при котором белки распадаются до аминокислот, и ограниченный (частичный), при котором отщепляется несколько аминокислот. Ограниченный протеолиз имеет регуляторное значение (активация ферментов, гормонов белковой природы, система свертывания крови, система комплемента и другие процессы). Переваривание белков в желудочно-кишечном тракте — это расщепление их до аминокислот. От этого зависит полноценное снабжение организма азотом и незаменимыми факторами питания, к которым относятся незаменимые аминокислоты. Переваривание осуществляют соляная кислота и протеазы. Об обмене белков судят по азотистому балансу — разнице между поступлением азота в составе белков и выделению азота из организма.

Цель занятия: сформировать представление об общей концепции обмена азота в организме, о белке как главном пищевом источнике азота и аминокислот; получить представление о молекулярных основах переваривания белков в ЖКТ, особенностях действия различных протеаз и использовании их ингибиторов в клинической практике, всасывании аминокислот и транспорте их в клетки; научиться применять полученные знания для объяснения причин нарушения усвоения белков пищи; освоить методы клинического анализа желудочного сока.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *биохимии*:
  - строение аминокислот;
  - структурная организация белковой молекулы;
  - ферменты.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. При исследовании желудочного сока методом гель-фильтрации выделили неактивную форму пепсина с молекулярной массой 42 кДа. После добавления к ферменту соляной кислоты молекулярная масса пепсина уменьшилась до 35 кДа и фермент стал активным. Какой вид регуляции характерен для данного фермента?

А. Фосфорилирование молекулы фермента.

Б. Аллостерическая регуляция.

В. Присоединение или отщепление белков ингибиторов.

Г. Частичный протеолиз молекулы фермента.

Д. Регуляция по принципу обратной связи.

Задание 2. В клинику госпитализирован больной с дерматитом открытых участков кожи, диареей, деменцией. Выберите, какая из перечисленных реакций, протекающая с участием $НАД^+$-зависимого фермента, нарушается при данном заболевании:

А. Окисление молочной кислоты.

Б. Взаимопревращение оптических изомеров.

В. Гидролиз жиров.

Задание 3. Для рассасывания послеоперационных рубцов больному проведен курс электрофореза трипсина. Активация какого типа химических реакций лежит в основе энзимотерапии?

А. Изомеризации.

Б. Оксидоредукции.

В. Синтеза.

Г. Гидролиза.

Д. Переноса функциональных групп.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Что такое азотистый баланс? Какие виды азотистого баланса имеют место в норме и при патологии?

2. Потребность в белках. Биологическая ценность белков.

3. Что такое протеолиз? Роль ограниченного протеолиза в организме.

4. Где происходит переваривание белков? Какие ферменты участвуют в этом процессе? Общая характеристика протеаз. Их субстратная специфичность и место действия.

5. Роль желудочного сока в переваривании белков. Механизмы образования соляной кислоты в желудке.

6. Всасывание аминокислот, транспорт аминокислот в клетки.

7. Процессы гниения белков в кишечнике. Обезвреживание продуктов гниения.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 326–345.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 261–277.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович, [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 218–225.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Биохимия* человека / Р. Мари [и др.]. Москва : Мир, 1993. С. 286–298.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1.

1.1. Запомните основные этапы переваривания белков:

а) в желудке; б) в просвете тонкого кишечника; в) «пристеночное» переваривание.

1.2. Запомните ферменты, участвующие на каждом этапе переваривания белков, и знайте специфичность их действия, pH-оптимум, механизм активации.

1.3. Запомните: конечным результатом переваривания белков является образование аминокислот, легко проникающих в клетки слизистой посредством активного транспорта.

1.4. Научитесь объяснять причины появления в кровотоке фенола, индола, скатола, путресцина, кадаверина после переваривания белковой пищи в желудочно-кишечном тракте.

1.5. Биологическое значение переваривания белков заключается в том, что благодаря этому процессу происходит:

А. Образование набора аминокислот, необходимых для синтеза собственных белков организма и биологически активных соединений.

Б. Отщепление небелковой части сложных белков (липо-, нуклеопротеинов), что облегчает расщепление белковой части молекулы.

В. Образование продуктов, лишенных антигенной специфичности.

Г. Образование продуктов, которые могут легко проникать в клетки слизистой оболочки кишечника.

Задание 2. Что является начальной причиной образования активных протеолитических ферментов из проферментов?

А. Сближение аминокислот, входящих в активный центр.

Б. Изменение вторичной структуры фермента.

В. Образование новых связей в молекуле фермента.

Г. Изменение первичной структуры.

Д. Изменение третичной структуры.

Задание 3. Что предохраняет секреторные клетки от действия протеаз?

А. Наличие слизи, содержащей гетерополисахариды.

Б. Активация фермента только в полости (желудка, кишечника).

В. Наличие гликопротеинов на наружной поверхности мембран.

Г. Отсутствие субстратов.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. При острых панкреатитах происходит преждевременная активация проферментов в клетках панкреатической железы. В результате механического повреждения (сильное сдавливание, травмы) проферменты выходят из клеток и активизируются в самой железе, а не в полости тонкой кишки.

Ответьте на вопросы:

А. Какие ферменты могут активироваться при острых панкреатитах?

Б. Какие последствия может вызвать такая активация?

В. Как можно уменьшить разрушительное действие панкреатических протеаз?

Г. Биохимическим тестом на острый панкреатит в клинической практике служит определение активности α-амилазы в крови больного. Объясните, почему увеличивается активность α-амилазы в крови при остром панкреатите.

Задание 2. При гипоацидном гастрите снижение кислотности желудочного сока вызывает торможение частичного протеолиза молекулы пепсиногена. Изменения какого уровня структурной организации фермента имеют решающее значение при его активации?

А. Первичной структуры.

Б. Вторичной структуры.

В. Третичной структуры.

Г. Четвертичной структуры.

Д. Более высокого уровня.

Задание 3. Мужчина направлен в больницу с диагнозом острый панкреатит, при котором вследствие внутриклеточной активации панкреатических ферментов происходит разрушение тканей. Пациенту был назначен препарат контрикал — конкурентный ингибитор панкреатических ферментов. Выберите характерные особенности ингибирования:

А. Ингибитор является структурным аналогом субстрата.

Б. Степень ингибирования зависит от концентрации ингибитора.

В. Структура ингибитора не похожа на структуру субстрата.

Г. Степень ингибирования зависит от времени действия ингибитора.

Д. Образование неактивного комплекса ингибитор-субстрат.

Ситуационная задача.

Для лечения и профилактики язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки назначают лекарственные средства, угнетающие секрецию желудочного сока (омепразол, пантопразол).

Объясните механизм лечебного действия данных препаратов.

Назовите белок (мембранный транспортер), который ингибируется данным лекарственным средством, и его роль в секреции соляной кислоты.

Какова биологическая роль соляной кислоты в пищеварении?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — Г. 2 — А. 3 — Г.

***Для самостоятельной работы*:**

1.5 — А, Б, В, Г. 2 — Г. 3 — А, Б, В.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Количественное определение кислотности желудочного сока.

Принцип метода. Общую кислотность желудочного сока измеряют в миллилитрах 0,1 н раствора NaOH, затраченного на нейтрализацию 1000 мл желудочного сока в присутствии индикатора фенолфталеина (зона перехода pH 8,3–10,0; ниже 8,2 — бесцветный, выше 10 — красный). В норме общая кислотность для взрослого человека составляет 40–60 ммоль/л, у новорожденных — 2,8 ммоль/л, у детей от 1 месяца до 1 года — 4–20 ммоль/л.

Содержание свободной соляной кислоты в желудочном соке измеряют в миллилитрах 0,1 н раствора NaOH, затраченного на нейтрализацию 1000 мл желудочного сока в присутствии индикатора диметиламиноазобензола (зона перехода pH 2,9–4,0; ниже 2,9 — розово-красный; выше 4,0 — желтый). Свободная соляная кислота почти вся оттитровывается при pH 3,0; при этом окраска диметиламиноазобензола изменяется от розово-красной до оранжевой. Содержание свободной соляной кислоты в норме составляет 20–40 ммоль/л (у новорожденных — 0,5 ммоль/л).

Определение общей кислотности, свободной соляной кислоты и связанной соляной кислоты проводится в одной порции желудочного сока. Титрование проводят с двумя индикаторами: диметиламиноазобензолом и фенолфталеином.

Ход работы. Отмеривают пипеткой в колбочку 10 мл желудочного сока, добавляют 1 каплю диметиламиноазобензола и 2 капли фенолфталеина. При наличии в желудочном соке свободной соляной кислоты он окрашивается в красный цвет с розовым оттенком, при ее отсутствии сразу появляется оранжевая окраска.

Титруют 0,1 н NaOH из бюретки до появления оранжевого окрашивания и результат записывают (1-я отметка, используется для расчета содержания *свободной HCl*). Не добавляя щелочи в бюретку, продолжают титрование до появления лимонно-желтого цвета и результат записывают (2-я отметка от 0. Разницу между 2-й и 1-й отметками используют для расчета содержания *связанной HCl*). Продолжают титрование до появления розового окрашивания (3-я отметка от 0, используется для расчета *общей кислотности*).

Расчет. Содержание свободной HCl (1-я отметка), связанной HCl (2-я отметка —1-я отметка) и общую кислотность (3-я отметка) рассчитывают по формуле:

$$X \text{ (ммоль/л)} = A \times 1000 \times 0{,}1/10 ,$$

где А — количество 0,1 н раствора NaOH, мл; 10 — количество желудочного сока, взятого для титрования, мл; 0,1 — количество мг/экв. щелочи в 1 мл 0,1 н раствора, ммоль; 1000 — пересчет на 1 литр.

Результаты:

	Свободная HCl	**Связанная HCl**	**Общая кислотность**
Желудочный сок № 1	A_1 = X (ммоль/л) =	A_2 = $A_2 - A_1$ = X (ммоль/л) =	A_3 = X (ммоль/л) =
Желудочный сок № 2	A_1 = X (ммоль/л) =	A_2 = $A_2 - A_1$ = X (ммоль/л) =	A_3 = X (ммоль/л) =
Желудочный сок № 3	A_1 = X (ммоль/л) =	A_2 = $A_2 - A_1$ = X (ммоль/л) =	A_3 = X (ммоль/л) =

Клинико-диагностическое значение. При заболеваниях желудка кислотность может быть нулевой, пониженной и повышенной. При язвенной болезни желудка или гиперацидном гастрите происходит увеличение содержания свободной соляной кислоты и общей кислотности (гиперхлоргидрия). При гипоацидном гастрите или раке желудка наблюдается уменьшение количества свободной соляной кислоты и общей кислотности (гипохлоргидрия). При раке желудка, хроническом гастрите иногда отмечается полное отсутствие соляной кислоты (ахлоргидрия). При злокачественном малокровии, при раке желудка часто наблюдается полное отсутствие соляной кислоты и пепсина (ахилия).

Вывод:

Работа 2. Обнаружение молочной кислоты реакцией Уффельмана.

Молочная кислота относится к патологическим составным частям желудочного сока и обнаруживается при ахлоргидрии вследствие усиления процессов брожения в желудке.

Принцип метода. При добавлении к реактиву Уффельмана, имеющему фиолетовую окраску, патологического желудочного сока появляется желто-зеленое окрашивание вследствие образования лактата железа (положительная реакция Уффельмана).

Ход работы. Готовят в пробирке реактив Уффельмана (20 капель 1 % раствора фенола и 2 капли 1 % раствора хлорного железа). Добавляют в пробирку 5 капель желудочного сока. При наличии молочной кислоты появляется желто-зеленая окраска.

Результат:

Вывод:

Работа 3. Количественное определение активности пепсина желудочного сока.

Принцип метода. В основе метода лежит способность пепсина в желудочном соке створаживать белок молока — казеиноген. Створаживание молочно-ацетатной смеси при pH 4,9 и температуре 25 °С пепсином происходит строго параллельно его способности переваривать белки. За единицу активности пепсина принимают такое его количество, которое при указанных условиях створаживает 5 мл молочно-ацетатной смеси за 60 с (эта условная единица соответствует 0,010 мг кристаллического пепсина). Желудочный сок человека в норме содержит в 1 мл 40–60 ед. пепсина. Таким же методом можно определить активность уропепсина в моче. С мочой здорового человека за сутки обычно выделяется от 150 до 300 ед. (1,5–3 мг) уропепсина.

Ход работы. На дно пробирки с помощью микропипетки наливают 0,1 мл раствора пепсина, а в другую пробирку наливают 5 мл молочно-ацетатной смеси. Помещают обе пробирки в термостат на 10 мин. Быстро переливают молочно-ацетатную смесь в пробирку с пепсином, содержимое пробирки встряхивают. Момент приливания смеси отмечают по секундомеру. Пробирку со смесью встряхивают, наклоняют ее и наблюдают за появлением на ее стенках первых хлопьев казеина. Записывают время створаживания смеси в секундах.

Расчет. Для расчета активности пепсина в 1 мл желудочного сока делят 60 секунд на время створаживания смеси и таким путем находят количество единиц пепсина в 0,1 мл желудочного сока, а умножая на 10 — в 1 мл.

Клинико-диагностическое значение. При ахилии уропепсин в моче и пепсин в желудочном соке могут полностью отсутствовать, а при язвенной болезни желудка количество пепсина резко увеличено.

Результат: Т (сек) =

Расчет:

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 18
ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ ОБМЕН АМИНОКИСЛОТ. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ АММИАКА. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО АЗОТА КРОВИ И МОЧЕВИНЫ В МОЧЕ. НАРУШЕНИЯ АМИНОКИСЛОТНОГО ОБМЕНА

Актуальность темы. Поступившие в клетки аминокислоты образуют фонд аминокислот, который пополняется за счет распада пищевых и тканевых белков и аминокислот, образующихся из других веществ. Аминокислоты фонда клетки используются для синтеза белков и других соединений, а также подвергаются индивидуальным превращениям и общим реакциям обмена — трансаминированию, дезаминированию, декарбоксилированию и активации при биосинтезе белков. Важнейшую роль в обмене аминокислот играет глутаматдегидрогеназная реакция. В ходе реакций переаминирования происходит распад одних аминокислот и синтез новых аминокислот, обеспечивается взаимосвязь реакций углеводного и белкового обмена. При декарбоксилировании аминокислот образуются биогенные амины — триптамин, серотонин, гистамин, ГАМК, играющие важную роль в организме. Реакции дезаминирования приводят к образованию аммиака.

Образующийся в процессе метаболизма аммиак является токсичным соединением, в первую очередь для центральной нервной системы. Нарушение процессов его связывания и обезвреживания ведет к гипераммониемии, развитию коматозного состояния и смерти больного. Знание процессов обезвреживания аммиака необходимо для понимания механизма возникновения гипераммониемии, способов борьбы с нею, а также для своевременной диагностики и лечения врожденных нарушений орнитинового цикла реакций синтеза мочевины. Знакомство с наследственными нарушениями обмена аминокислот необходимо для своевременного выявления этих заболеваний и их лечения.

Важнейшим показателем азотистого обмена является остаточный азот крови. В клинической лабораторной практике определение остаточного азота и его фракций, а также мочевины в моче помогает оценить выделительную функцию почек, степень почечной и печеночной недостаточности.

Цель занятия: усвоить общие пути обмена аминокислот; получить представление о путях обмена безазотистого остатка аминокислот, о роли аминокислот в образовании важных биологически активных соединений; изучить процессы обезвреживания аммиака в организме и возможные механизмы развития гипераммониемии; закрепить представление о молекулярных механизмах наследственных патологий обмена фенилаланина и тирозина, некоторых других нарушениях обмена белков и аминокислот; приобрести навыки количественного определения остаточного азота крови и мочевины в моче и усвоить диагностическую ценность этих показателей.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

▪ *общей химии*:

– аммиак и соли аммония;

▪ *биоорганической химии*:

– мочевина — конечный продукт азотистого обмена в организме человека; структура и свойства мочевины;

▪ *биологической химии*:

– формулы аминокислот;

– ферменты; структура коферментов оксидоредуктаз ($НАД^+$, $НАДФ^+$, ФМН, ФАД).

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Данные врачебного осмотра пожилой женщины, проживающей в доме для престарелых, соответствовали периферической нейропатии. Лабораторные анализы подтвердили недостаточность тиамина. Активность каких процессов снижена при данном гиповитаминозе?

А.Трансаминирование аминокислот.

Б. Декарбоксилирование аминокислот.

В. Окислительное декарбоксилирование α-кетокислот.

Г. Окислительное дезаминирование аминокислот.

Задание 2. Вспомните классификацию ферментов. Ферменты каких классов участвуют в катализе реакций дезаминирования, переаминирования, декарбоксилирования аминокислот?

Задание 3. Аммиак в клетке образуется в результате:

А. Реакций дезаминирования аминокислот.

Б. Реакций переаминирования.

В. Реакций распада биогенных аминов.

Г. Реакций декарбоксилирования аминокислот.

Д. Непрямого дезаминирования.

Задание 4. Укажите ферменты, катализирующие в организме человека реакции окислительного дезаминирования аминокислот:

А. Оксидаза D-аминокислот.

Б. Оксидаза L-аминокислот.

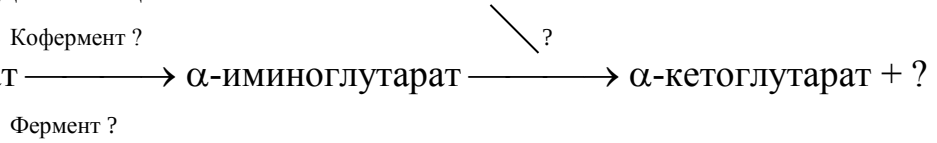
В. Моноаминооксидаза (МАО).

Г. Глутаматдекарбоксилаза.

Д. Глутаматдегидрогеназа.

Е. Аланинаминотрансфераза.

Задание 5. Дополните схему реакции окислительного дезаминирования глутамата недостающими компонентами:



А. Глутаматдекарбоксилаза.
Б. Глутаматдегидрогеназа.
В. Аспартатаминотрансфераза.
Г. $НАД^+$.
Д. ФАД.
Е. ФМН.
Ж. H_2O.
З. NH_3.
И. CO_2.
К. NO_2.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Аминокислотный фонд клетки, источники пополнения и пути использования.

2. Трансаминирование, аминотрансферазы, коферментная функция витамина B_6. Клинико-диагностическое значение определения активности аминотрансфераз сыворотки крови.

3. Пути дезаминирования аминокислот. Окислительное дезаминирование (ферменты, коферменты). Прямое окислительное дезаминирование глутаминовой кислоты (химизм), значение глутаматдегидрогеназной реакции. Непрямое дезаминирование.

4. Пути использования безазотистого остатка аминокислот. Гликогенные и кетогенные аминокислоты. Способы синтеза новых аминокислот.

5. Декарбоксилирование аминокислот, ферменты, кофермент. Биогенные амины (триптамин, серотонин, гистамин, γ-аминомасляная кислота), катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин). Реакции образования, биологическая роль, пути обезвреживания.

6. Пути связывания аммиака в клетках (восстановительное аминирование α-кетоглу-тарата, синтез глутамина и аспарагина, образование карбамоилфосфата). Транспортные формы аммиака.

7. Образование солей аммония в почках (источник аммиака, роль глутаминазы и глутаматдегидрогеназы, значение активирования глутаминазы почек при ацидозе).

8. Роль клеток печени в обезвреживании аммиака. Орнитиновый цикл мочевинообразования (схема цикла, субстраты, ферменты, энергетическое обеспечение, связь с лимоннокислым циклом, регуляция). Судьба мочевины. Гипераммониемия, причины.

9. Остаточный азот крови (основные компоненты и их относительное содержание). Принцип определения и клинико-диагностическое значение.

10. Обмен фенилаланина и тирозина. Нарушения обмена при фенилкетонурии, тирозинемии, алкаптонурии, альбинизме.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 345–379.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 277–287, 293–301.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 224–240.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.
2. *Биохимия* человека / Р. Мари [и др.]. Москва : Мир, 1993. С. 306–316.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. У мужчины, в течение длительного времени, злоупотреблявшего алкоголем, значительно повышен уровень аланинаминотрансферазы крови. Какие биохимические реакции катализирует данный фермент?

А. Переаминирование.
Б. Окислительное дезаминирование.
В. Синтез глутамата.
Г. Декарбоксилирование.
Д. Трансметилирование.

Задание 2. У больного с инфекционным гепатитом установлено резкое увеличение активности глутаматдегидрогеназы в крови. Укажите витамин, который является коферментом данного энзима:

А. Никотинамид.
Б. Тиамин.
В. Фолиевая кислота.
Г. Пиридоксин.
Д. Аскорбиновая кислота.

Задание 3. У больного после перенесенного инфаркта миокарда в течение 2-х суток значительно повышалась активность аспартатаминотрансферазы в крови. Укажите кофермент данного фермента:

А. $НАД^+$.
Б. ФАД.
В. $НАДФ^+$.
Г. Пиридоксальфосфат.
Д. Тиаминпирофосфат.

Задание 4. После приступа судорог педиатром был осмотрен грудной ребенок, получающий искусственную пищу. У ребенка обнаружен также дерматит. При лабораторном обследовании установлено снижение аланин- и аспартатаминотрансферазной активности в крови. Недостатком какого кофермента обусловлено снижение скорости трансаминирования аминокислот?

А. $НАД^+$.
Б. $НАДФ^+$.
В. ФАД.
Г. Пиридоксальфосфата.
Д. Тиаминпирофосфата.

Задание 5. Укажите ферменты, катализирующие следующие реакции:

А. Образование амида глутаминовой кислоты.
Б. Восстановительное аминирование α-кетоглутарата.
В. Гидролиз амида глутаминовой кислоты.
Г. Образование амида аспарагиновой кислоты.
Д. Образование карбамоилфосфата.

Задание 6. Подберите соответствующие пары:

1. Фермент орнитинкарбамоилтрансфераза (ОКТ).	А. Участвует в синтезе аргининоянтарной кислоты.
2. Фермент аргиназа.	Б. Участвует в синтезе цитруллина.
3. Фермент аргининосукцинатсинтетаза.	В. Участвует в распаде аргининоянтарной кислоты.
4. Фермент аргининосукцинатлиаза.	Г. Участвует в реакции гидролиза аргинина.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Центральная роль глутаминовой кислоты в промежуточном обмене аминокислот определяется тем, что глутаминовая кислота:

А. Участвует в трансаминировании как универсальный донор NH_2-группы.

Б. Легко образуется из α-кетоглутаровой кислоты — универсального акцептора аминогрупп.

В. Дезаминируется $НАД^+$-зависимой глутаматдегидрогеназой.

Г. Является заменимой аминокислотой.

Задание 2. При декарбоксилировании каких аминокислот или их производных образуются следующие биогенные амины?

А. Триптамин. В. Гистамин. Д. Дофамин.

Б. Серотонин. Г. ГАМК.

Задание 3. В клинику поступил больной с повторной рвотой, судорожными припадками, потерей сознания, вызванными отравлением аммиаком. Почему при высокой концентрации NH_3 в крови наступает потеря сознания и смерть? Выберите причину:

А. Снижение концентрации глюкозы в крови.

Б. Повышение содержания мочевины в крови.

В. Повышение содержания ацетил-КоА в печени.

Г. Снижение концентрации АТФ в клетках мозга.

Д. Повышение содержания глюкозы в крови.

Задание 4. Подберите к каждой пронумерованной реакции обмена фенилаланина и тирозина соответствующий фермент:

1. Фен ⟶ Тир.	А. Декарбоксилаза диоксифенилаланина.
2. ДОФА ⟶ дофамин.	Б. Диоксигеназа гомогентизиновой кислоты.
3. Гомогентизиновая кислота ⟶ фумарилацетоацетат.	В. Фенилаланингидроксилаза.
4. Фен ⟶ фенилпируват.	Г. Фенилаланинтрансаминаза.

Задание 5. Сколько молей АТФ требуется для синтеза 1 моля мочевины? Напишите реакции (схема), идущие с затратой АТФ, укажите ферменты.

Задание 6. Больная страдает наследственным заболеванием — алкаптонурией. Жалуется на сильные боли в суставах, по ходу позвоночника. Проявление артрита в данном случае может быть вызвано накоплением определенного метаболита. Назовите этот метаболит:

А. Фенилаланин.

Б. Ацетоацетат.

В. Тирозин.

Г. Гомогентизиновая кислота.

Д. Фенилпировиноградная кислота.

Задание 7. Оцените функциональное состояние печени и почек у больных С. и А. с учетом биохимических показателей крови и мочи:

7.1. У больного С. содержание мочевины в крови 1,8 ммоль/л. С мочой выводится 12 г мочевины в сутки. Потребление белка с пищей — достаточное.

7.2. Больной А. потребляет в сутки 105 г полноценного белка. Содержание мочевины в крови 14 ммоль/л, с мочой выводится 8,5 г мочевины в сутки.

Ситуационная задача.

Девушка 20 лет для снижения избыточной массы тела использовала белковую диету (диета Аткинса, кетодиета, или кетогенная диета), основанная на увеличении потребления пищи, содержащей большое количество белка и липидов, при одновременном снижении употребления углеводов. В биохимическом анализе крови данной пациентки обнаружена высокая концентрация мочевины.

Назовите возможные причины увеличения концентрации мочевины в крови данной пациентки.

Напишите метаболический путь образования мочевины.

Предположите возможные изменения концентрации глюкозы в крови у данной пациентки.

Какие аминокислоты могут быть использованы для поддержания уровня глюкозы в крови в пределах нормальных значений?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — В. 3 — А, В, Д. 4 — А, Б, Д.

5. Глутамат $\xrightarrow[\text{Б}]{\text{Г}}$ α-иминоглутарат $\xrightarrow{\text{Ж}}$ α-кетоглутарат + З.

***Для самостоятельной работы*:**

1 — А, В. 2 — А. 3 — Г. 4 — Г.

5. А. Глутаминсинтетаза.

Б. Глутамат ДГ ($НАДФН \cdot Н^+$).

В. Глутаминаза.

Г. Аспарагинсинтетаза.

Д. Карбамоилфосфатсинтетаза I

6. (1 — Б, 2 — Г, 3 — А, 4 — В).

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Определение содержания мочевины в моче.

С мочой здорового человека выделяется за сутки 20–35 г или 333–583 ммоль мочевины.

Принцип метода. Метод основан на способности мочевины, содержащей аминогруппы, образовывать с *n*-диметиламинобензальдегидом в кислой среде комплексное соединение, окрашенное в желтый цвет. Интенсивность окраски прямо пропорциональна концентрации мочевины в исследуемой моче и определяется фотометрически.

Ход работы.

Важно: пипетки и пробирки должны быть обязательно сухими.

В три пробирки наливают по 0,2 мл соответственно мочи (опытная проба), стандартного раствора мочевины (25 мг/мл) и воды (контроль на реактивы), добавляют в каждую по 1,2 мл 2 % раствора парадиметиламинобензальдегида и тщательно перемешивают. Через 15 мин опытную и стандартную пробы фотометрируют в сухих кюветах 3 мм с синим светофильтром (длина волны 400 нм) против контрольной пробы.

Расчет. Содержание мочевины в опытной пробе рассчитывают по стандартному раствору мочевины по формуле:

$$C_{оп} = C_{ст} \cdot E_{оп} / E_{ст},$$

где $C_{оп}$ — концентрация мочевины в моче в пробе мг/мл; $C_{ст}$ — концентрация мочевины в стандартной пробе, 25 мг/мл; $E_{оп}$ — оптическая плотность пробы; $E_{ст}$ — оптическая плотность стандартного раствора мочевины.

Полученную величину умножают на диурез (1200–1500 мл) и получают суточное содержание мочевины в моче. Коэффициент пересчета в единицы СИ (ммоль/сут) — 0,0167.

Результат: **Еоп =**

Ест =

Расчет:

Клинико-диагностическое значение. Пониженное содержание мочевины в моче отмечается при нефрите, ацидозе, паренхиматозной желтухе, циррозе печени, уремии, повышенное — при голодании, злокачественной анемии, лихорадке, интенсивном распаде белков в организме, после приема салицилатов, при отравлении фосфором, высокобелковой диете.

Вывод:

Работа 2. Количественное определение остаточного азота.

Азотсодержащие небелковые вещества составляют фракцию остаточного азота крови (промежуточные или конечные продукты обмена простых и сложных белков). Это мочевина, мочевая кислота, креатин, креатинин, аммиак, индикан, билирубин, полипептиды, аминокислоты и др. Азот этих веществ называют остаточным, поскольку он остается в фильтрате после осаждения белков плазмы крови.

Основной частью остаточного азота крови является азот мочевины — 50 %, затем следует азот аминокислот — 25 % и азот других азотсодержащих компонентов. В норме остаточный азот крови составляет 14,3–25,0 ммоль/л (20–40 мг%); у новорожденных — 42,84–71,40 ммоль/л (60–100 мг%); на 10–12-й день снижается до уровня, определяемого у взрослых.

Принцип метода. Остаточный азот крови определяют в безбелковом фильтрате после осаждения белков крови различными осадителями (трихлоруксусной кислотой или вольфраматом) с последующей минерализацией безбелкового фильтрата концентрированной серной кислотой. Азот всех исследуемых фракций в виде аммиака связывается с серной кислотой, образуя сульфат аммония, который взаимодействует с реактивом Несслера (щелочной раствор комплексной соли ртути $K_2(HgI_4)$) с образованием соединения желто-оранжевого цвета. Интенсивность окрашивания пропорциональна концентрации аммиака, а, следовательно, и азота.

Ход работы. Готовят три обычные пробирки. В 1-ю наливают 1 мл готового минерализата и 9 мл воды (опытная проба), во 2-ю вносят 1 мл стандартного раствора сульфата аммония и 9 мл воды (стандартная проба), а в 3-ю наливают 10 мл воды (контроль). Затем во все пробирки вносят по 0,5 мл реактива Несслера. Фотометрируют опытную (минерализат) и стандартную пробы против контроля при синем светофильтре (длина волны 400 нм) в кювете 5 мм.

Расчет. Содержание остаточного азота в опытной пробе рассчитывают по формуле:

$$C_{оп} = (C_{ст} \cdot E_{оп} / E_{ст}) \cdot 71{,}4,$$

где $C_{оп}$ — концентрация остаточного азота в крови, ммоль/л; $C_{ст}$ — концентрация азота в стандартной пробе (0,1 мг в 1 мл); $E_{оп}$ — оптическая плотность опытной пробы (минерализат); $E_{ст}$ — оптическая плотность стандарта (сульфат аммония). 71,4 — коэффициент пересчета в единицы СИ (ммоль/л).

Результат: **Ест =** **Еоп =**

Расчет:

Клинико-диагностическое значение. Определение остаточного азота и его фракций используется для диагностики нарушения выделительной функции почек и мочевинообразовательной функции печени. Повышение остаточного

азота в крови называется ***азотемией***. Азотемия может быть двух видов: *абсолютной* (накопление в крови компонентов остаточного азота) и *относительной* (дегидратация организма при рвоте или поносе).

Причины абсолютной азотемии могут быть две: ретенционная (почечная) и продукционная (внепочечная). *Ретенционная* азотемия вызывается задержкой азотистых соединений при их нормальном образовании и наблюдается при нарушении выделительной способности почек, например, при острых и хронических нефритах за счет повышения уровня мочевины в крови. При хронических нефритах стойкая азотемия указывает на развивающуюся недостаточность почек. *Продукционная* азотемия наблюдается при усиленном распаде белков и преобладании аминокислот, например, при злокачественных новообразованиях. Повышение остаточного азота отмечается при кахексии неракового происхождения, вызванной туберкулезом, диабетом и циррозом печени, при сердечной недостаточности, инфекционных заболеваниях (скарлатине, дифтерии). У недоношенных детей азотемия может быть связана с почечной недостаточностью и усиленным распадом тканевых белков.

Понижение содержания остаточного азота наблюдается при недостаточном питании и иногда при беременности.

Вывод:

Подпись преподавателя:

ОБМЕН НУКЛЕОПРОТЕИНОВ. МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ

Занятие 19
ОБМЕН НУКЛЕОПРОТЕИНОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ И ОБЩЕГО АЗОТА В МОЧЕ

Актуальность темы. У взрослого здорового человека наблюдается азотистое равновесие. Поступающий с пищей азот в организме не задерживается и выделяется, главным образом, почками в составе многих продуктов (мочевины, аминокислот, мочевой кислоты и др.). Для изучения состояния азотистого обмена в организме пользуются определением общего азота мочи. В диагностике ряда заболеваний применяют методы определения содержания в моче отдельных азотсодержащих соединений. Например, при врожденных нарушениях обмена аминокислот исследуют содержание отдельных аминокислот или продуктов их метаболизма. Количество мочевой кислоты в моче и крови зависит от поступления нуклеопротеинов с пищей и от интенсивности их клеточного метаболизма. Этот показатель — важный критерий в диагностике и контроле лечения подагры.

Знание механизмов распада и синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов, регуляции этих процессов позволило разработать и применить лекарственные препараты, влияющие на процессы деления клеток (например, анти-

фолаты в химиотерапии опухолей), и способствует пониманию механизмов действия препаратов, используемых в коррекции гипоэнергетических состояний организма (ИМФ (рибоксин), оротат калия и др).

Цель занятия: получить представление о катаболизме нуклеопротеинов в тканях и желудочно-кишечном тракте, механизмах биосинтеза и распада нуклеотидов и регуляции этих процессов; познакомиться с примерами использования этих знаний в диагностике и лечении болезней; для закрепления теоретического материала провести лабораторную работу по количественному определению мочевой кислоты и общего азота в моче.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *общей химии*:
- титрометрические методы анализа;
- *биологии:*
- строение генетического аппарата клетки;
- *биоорганической химии*:
- формулы и свойства гетероциклических соединений (пурины, пиримидины);
- химические свойства и формулы гипоксантина, ксантина, мочевой кислоты;
- свойства солей мочевой кислоты (уратов);
- формулы азотистых оснований, нуклеозидов, нуклеотидов.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Подберите соответствующие пары вопрос – ответ:

1. Аденозин.	А. Пиримидиновый нуклеозид.
2. Гуанин.	Б. Азотистое основание пуринового ряда.
3. Цитозин.	В. Пиримидиновый нуклеотид.
4. Уридинтрифосфат.	Г. Азотистое основание пиримидинового ряда.
5. Тимидин.	Д. Пуриновый нуклеозид.
6. Гуанозиндифосфат.	Е. Пуриновый нуклеотид.

Задание 2. Назовите нуклеотиды, структура которых схематически изображена ниже:

1) аденин – дезоксирибоза – фосфат – фосфат;
2) цитозин – рибоза – фосфат;
3) гуанин – дезоксирибоза – фосфат – фосфат – фосфат;
4) урацил – рибоза – фосфат – фосфат.

Задание 3. Подберите соответствующие пары вопрос – ответ:

1. Первичная структура ДНК.	А. Модель «двойная спираль».
2. Вторичная структура ДНК.	Б. 3′,5′-Фосфодиэфирные связи.
3. Для первичной структуры РНК характерны связи	В. Последовательность нуклеотидов в полинуклеотидной цепи.
4. Для вторичной структуры ДНК характерны связи	Г. Водородные связи между азотистыми основаниями.
	Д. Силы гидрофобного взаимодействия между выше- и нижележащими азотистыми основаниями.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Обмен нуклеопротеинов. Переваривание нуклеопротеинов в желудочно-кишечном тракте (этапы, ферменты). Распад нуклеиновых кислот в тканях, роль лизосомных ферментов.

2. Распад пуриновых нуклеотидов (химизм, мочевая кислота как конечный продукт катаболизма). Представление о нарушениях пуринового обмена (гиперурикемия и подагра, почечно-каменная болезнь).

3. Биосинтез пуриновых нуклеотидов de novo. Источники азота и углерода пуринового кольца, участие фолиевой кислоты, основные промежуточные продукты, ключевой фермент, регуляция синтеза. Представление о синтезе нуклеотидов из свободных азотистых оснований и нуклеозидов.

4. Распад пиримидиновых нуклеотидов.

5. Биосинтез пиримидиновых нуклеотидов. Субстраты, схема процесса, ключевой фермент, регуляция синтеза, роль витаминов. Представление о нарушениях пиримидинового обмена (оротацидурия).

6. Синтез дезоксирибонуклеозидфосфатов, нуклеозиддифосфатов и нуклеозидтрифосфатов.

7. Общий азот мочи (количество, компоненты и их происхождение).

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 385–408.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 320–338.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 253–262.

4. Конспект лекций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Выберите положения, правильно характеризующие свойства ксантиноксидазы:

А. Ее коферментом является производное витамина РР.

Б. Одним из продуктов реакции является перекись водорода.

В. Фермент катализирует две последовательные необратимые реакции образования мочевой кислоты.

Г. Субстрат фермента — гипоксантин — имеет меньшую растворимость, чем мочевая кислота.

Д. Фермент обладает абсолютной специфичностью к субстрату.

Задание 2. При обследовании больного ревматизмом после интенсивной терапии кортикостероидами установлена гиперурикемия. В результате активации какого метаболического процесса развиваются данные нарушения?

А. Интенсивного распада белков.

Б. Активации глюконеогенеза.

В. Интенсивного распада пуриновых нуклеотидов.

Г. Мобилизации липидов.

Д. Интенсивного распада пиримидиновых нуклеотидов.

Задание 3. Дополните недостающими компонентами реакции синтеза пуриновых рибонуклеотидов:

1. ФРПФ + ? → 5–фосфорибозиламин.	А. Глн.
2. ИМФ + ГТФ + Асп → ?	Б. АМФ.
3. Рибозо-5-фосфат + АТФ → ? + АМФ.	В. Глу.
4. ИМФ + АТФ + ? → ГМФ.	Г. ФРПФ.
	Д. АТФ.

Задание 4. Дополните недостающими компонентами реакции синтеза пиримидиновых нуклеотидов:

1. Карбамоилфосфат + ? → карбамоиласпартат.	А. ФРПФ.
2. Оротат + ? → ОМФ + $H_4P_2O_7$.	Б. Асп.
3. ОМФ → CO_2 + ?	В. АТФ.
4. УМФ + ? → УДФ + ?	Г. АДФ.
5. УДФ + ? → УТФ + ?	Д. УМФ.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. При терапии некоторых форм рака применяются ингибиторы дигидрофолатредуктазы. Торможение каких реакций определяет цитостатическое действие препарата?

А. Синтез пиримидиновых нуклеотидов.

Б. Синтез пуринового ядра нуклеотидов.

В Синтез дезоксицитидиловых нуклеотидов.

Г. Синтез цитидиловых нуклеотидов.

Д. Синтез дУМФ.

Задание 2. У ребенка с синдромом Леша–Нихана — корковый паралич и гиперурикемия. Количество экскретируемых пуринов увеличено. Дефект какого фермента вызывает данную патологию?

А. Ксантиноксидазы.
Б. Аденозиндезаминазы.
В. Гипоксантин-гуанин-фосфорибозилтрансферазы.
Г. Карбамоилфосфатсинтетазы.
Д. Тимидилатсинтазы.

Задание 3. Женщине с лимфолейкозом назначен противоопухолевый препарат — ингибитор тиоредоксинредуктазы. На чем основано цитостатическое действие препарата?
А. Ингибируется синтез ИМФ.
Б. Ингибируется синтез оротовой кислоты.
В. Ингибируется синтез ЦМФ.
Г. Ингибируется синтез дГДФ.
Д. Ингибируется синтез УМФ.

Ситуационная задача.
В клинику обратился мужчина 50-ти лет с жалобами на острую боль в области межфаланговых суставов кистей и стоп. Боль воспринималась как нестерпимая даже от прикосновения одеяла. Заболел остро в течение 2-х дней после посещения сауны и обильного застолья. Температура тела — 37,8 °С. В крови определили повышенный уровень мочевой кислоты (540 мкмоль/л).
Назовите предположительный диагноз данного пациента.
Напишите схему метаболического пути, конечным продуктом которого является мочевая кислота.
Укажите фермент, ингибирование которого позволит улучшить состояние пациента.

Ответы к решению заданий
***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**
1 (1 – Д, 2 – Б, 3 – Г, 4 – В, 5 – А, 6 – Е).
2 (1 — дезоксиаденозиндифосфат; 2 — цитидинмонофосфат; 3 — дезоксигуанозинтрифосфат; 4 — уридиндифосфат).
3 (1 – В, 2 – А, 3 – Б, 4 – Г, Д).
***Для самостоятельной работы*:**
1 — Б, В. 2 — В. 3 (1 – А; 2 – Б; 3 – Г; 4 – А). 4 (1 – Б; 2 – А; 3 – Д; 4 – В, Г; 5 – В, Г).

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Определение содержания общего азота мочи колориметрическим методом.
Исследование общего азота мочи может быть использовано для исследования состояния азотистого баланса. Количество общего азота, выделяемого за сутки с мочой, у взрослого человека составляет 6–17 г (428–1214 ммоль/сут).
Принцип метода. После сжигания (минерализации) органических веществ мочи с концентрированной серной кислотой азот всех исследуемых фракций в виде аммиака связывается с серной кислотой, образуя сульфат ам-

мония. Колориметрическое определение общего азота основано на том, что сульфат аммония образует с реактивом Несслера соединение желто-оранжевого цвета, интенсивность которого прямо пропорциональна концентрации аммиака, а, следовательно, и азота в моче.

Ход работы. Готовят три сухие пробирки. В две из них отмеривают соответственно 0,5 мл минерализата (опыт) и 0,5 мл стандартного раствора сульфата аммония (стандарт, содержащий 0,2 мг азота в 1 мл). Прибавляют в каждую пробирку по 6,5 мл воды и тщательно перемешивают. В третью пробирку отмеривают 7 мл воды (контроль) и во все пробирки добавляют по 0,5 мл реактива Несслера. Содержимое пробирок тщательно перемешивают. ***Необходимо строго соблюдать порядок приливания реагентов и тщательно перемешивать жидкость.*** Фотометрируют опытную и стандартную пробы против контроля при синем светофильтре (длина волны 400 нм) в кювете 5 мм.

Расчет. Содержание азота в опытной пробе рассчитывают по стандартному раствору сульфата аммония по формуле:

$$C_{оп} = C_{ст} \cdot E_{оп} / E_{ст},$$

где $C_{оп}$ — концентрация азота мочи в исследуемой пробе, мг/мл; $C_{ст}$ — концентрация $(NH_4)_2SO_4$ в стандартной пробе (0,2 мг в 1 мл); $E_{оп}$ — оптическая плотность опытной пробы; $E_{ст}$ — оптическая плотность стандарта сульфата аммония.

Содержание общего азота в моче (г/сут) рассчитывают по формуле:

$$C_{оп} \cdot 100 \cdot \text{суточный диурез} / 0{,}5 \cdot 1000,$$

где $C_{оп}$ — концентрация азота, найденная по стандартному раствору; 100 — разведение мочи при приготовлении минерализата; 0,5 — количество минерализата, взятого для анализа; 1000 — коэффициент перевода миллиграммов в граммы.

Суточное выделение мочи составляет в среднем 1500 мл для мужчин и 1200 мл для женщин. Коэффициент пересчета в единицы СИ (ммоль/сут) равен 71,39.

Результат: $E_{оп}$ = $E_{ст}$=

Расчет:

Клинико-диагностическое значение. Определение общего азота мочи позволяет судить о белковом обмене в организме, о количестве распавшегося белка. Для этого полученную величину общего азота умножают на 6,25, исходя из того, что в белке в среднем содержится 16 % азота (100 : 16 = 6,25).

При заболевании почек, вследствие нарушения их выделительной функции содержание общего азота в моче уменьшается. Задержка азота в организме наблюдается при заболеваниях печени и сердечно-сосудистой системы в связи с возникновением отеков, при наличии экссудатов и транссудатов.

Увеличение содержания общего азота в моче отмечается при усиленном распаде белков (отрицательный азотистый баланс), диабете, при рассасывании экссудатов и транссудатов, хроническом отравлении фосфором.

Вывод:

Работа 2. Определение содержания мочевой кислоты в моче.

Мочевая кислота у человека является конечным продуктом обмена пуриновых оснований, входящих в состав сложных белков — нуклеопротеинов.

В норме у человека с мочой выделяется мочевой кислоты 1,6–3,54 ммоль/сут (270–600 мг/сут).

Принцип метода. Метод основан на способности мочевой кислоты восстанавливать фосфорно-вольфрамовый реактив в фосфорно-вольфрамовую синь, интенсивность окраски которой пропорциональна содержанию мочевой кислоты. Количество фосфорно-вольфра-мовой сини определяется путем титрования красной кровяной солью $K_3Fe(CN)_6$]. Последняя окисляет фосфорно-вольфрамовую синь, и синее окрашивание исчезает.

Ход работы. К 1,5 мл мочи прибавляют 1 мл 20 % раствора карбоната натрия и 1 мл фосфорно-вольфрамового реактива Фолина, перемешивают и титруют 0,01н раствором $K_3[Fe(CN)_6]$ до исчезновения синего окрашивания.

Расчет. Содержание мочевой кислоты (в мг) в суточной моче вычисляют по формуле:

$$\text{Мочевая кислота, мг/сут} = 0{,}8 \cdot a \cdot в \,/\, 1{,}5,$$

где 0,8 мг мочевой кислоты соответствует 1 мл $K_3[Fe(CN)_6]$; *а* — количество $K_3[Fe(CN)_6]$, пошедшее на титрование, мл; *в* — суточный диурез, мл; 1,5 — объем пробы, мл.

Коэффициент пересчета в единицы СИ (ммоль/сут) — 0,0059.

Результат: *а* =

Расчет:

Клинико-диагностическое значение. Гипоурикурия (уменьшение выделения мочевой кислоты с мочой) отмечается при подагре, нефрите, почечной недостаточности; гиперурикурия (увеличение выделения мочевой кислоты с мочой) — при лейкемии, усиленном распаде нуклеопротеинов. У детей выделяется относительно больше мочевой кислоты, чем у взрослых. Выделение мочевой кислоты зависит от содержания пуринов в пище и интенсивности обмена нуклеопротеинов.

При подагре соли мочевой кислоты (ураты) откладываются в хрящах, мышцах и слизистой сумке суставов. Содержание мочевой кислоты в крови может быть повышено, а в моче понижено.

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 20
МАТРИЧНЫЕ БИОСИНТЕЗЫ (СИНТЕЗ ДНК, РНК, БЕЛКОВ). СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ. АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА НУКЛЕОПРОТЕИНОВ

Актуальность темы. Знание строения нуклеиновых кислот позволяет понять механизмы передачи и реализации генетической информации в клетке, овладеть основами понимания причин наследственных заболеваний и разработать методы их лечения. Нуклеотиды выполняют ряд специфических функций. Некоторые из них используются в качестве лекарственных препаратов.

Цель занятия: усвоить молекулярные механизмы репликации, репарации, транскрипции, трансляции и механизмы их регуляции; систематизировать эти знания и обсудить возможные механизмы нарушений реализации генетической информации для понимания последствий и подходов к лечению этих нарушений.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *курса биологии*:
  - строение клетки;
  - механизмы митоза и мейоза;
  - биологическая роль нуклеиновых кислот;
- *биоорганической химии*:
  - строение мононуклеотидов;
  - общие принципы пространственной организации нуклеиновых кислот.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ИСХОДНОГО УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Задание 1. Подберите пары и напишите формулу:

Название	Составные части
1. Гуанозин	А. Рибоза, фосфат, аденин
2. Адениловая кислота	Б. Дезоксирибоза, тимин
3. Уридин	В. Гуанин, рибоза
4. ДезоксиЦМФ	Г. Урацил, рибоза
5. Тимидин	Д. Фосфат, дезоксирибоза, цитозин

Задание 2. Выберите, что относится только к ДНК, только к РНК, к ДНК и РНК:

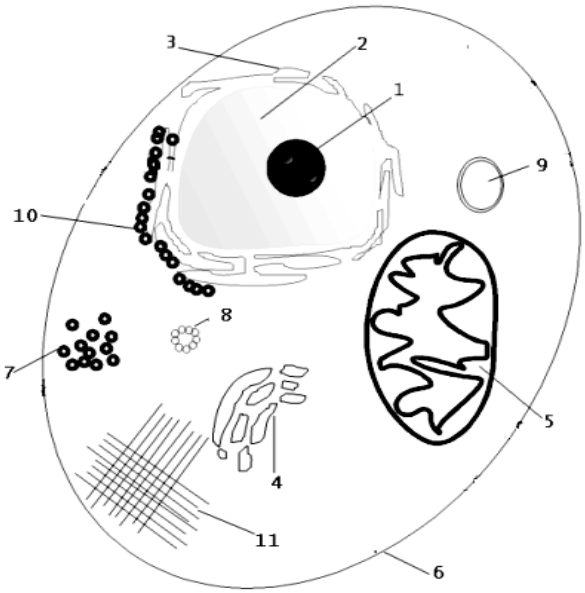
А. Хранение генетической информации.
Б. А, Г, Т, Ц.
В. Цитоплазма.
Г. 3′,5′-фосфодиэфирная связь между мононуклеотидами.
Д. Дезоксирибоза.
Е. Реализация генетической информации.
Ж. Рибоза.
З. Ядро.
И. А, Г, У, Ц.
К. Стабильность структуры поддерживается Н-связями.

ДНК —

РНК —

ДНК и РНК —

Задание 3. Пользуясь рисунком (используйте цифру), подберите пары:



А. Рибосомы.
Б. Гладкая эндоплазматическая сеть.
В. Шероховатая эндоплазматическая сеть.
Г. Аппарат Гольджи.
Д. Лизосомы.
Е. Плазматическая мембрана.
Ж. Цитоскелет.
З. Ядро.
И. Ядрышко.
К. Митохондрия.
Л. Пероксисома

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Репликация, биологическая роль, субстраты, ферменты, молекулярный механизм.

2. Репарация ДНК, молекулярный механизм, биологическая роль.

3. Транскрипция, биологическая роль, молекулярный механизм, механизмы регуляции активности генов (схема Львова–Жакоба–Моно, схема Георгиева), процессинг РНК. Обратная транскрипция.

4. Рекогниция и трансляция как этапы реализации генетической информации в клетке. Компоненты белоксинтезирующей системы. Рекогниция (субкле-

точная локализация, схема, субстратная специфичность АРСаз). Роль тРНК в синтезе белка.

5. Современное представление о биосинтезе белка. Регуляция биосинтеза белка в клетке на генетическом уровне (роль гистонов, гормонов и жирорастворимых витаминов). Посттрансляционная модификация молекул белка (гидроксилирование, гликозилирование, ограниченный протеолиз, фосфорилирование, карбоксилирование).

6. Современные методы молекулярной биологии (ПЦР, блот-анализ ДНК и РНК (Саузерн-блот и Нозерн-блот), метод «отпечатков пальцев ДНК», клонирование). Принципы проведения, применение в медицине.

7. Метод определения последовательности нуклеотидов в ДНК (метод Сэнджера).

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 419–449, 454–480.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 338–418.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 262–277.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Нуклеопротеины* : учеб. пособие / А. Д. Таганович [и др.]. Минск, 2000.

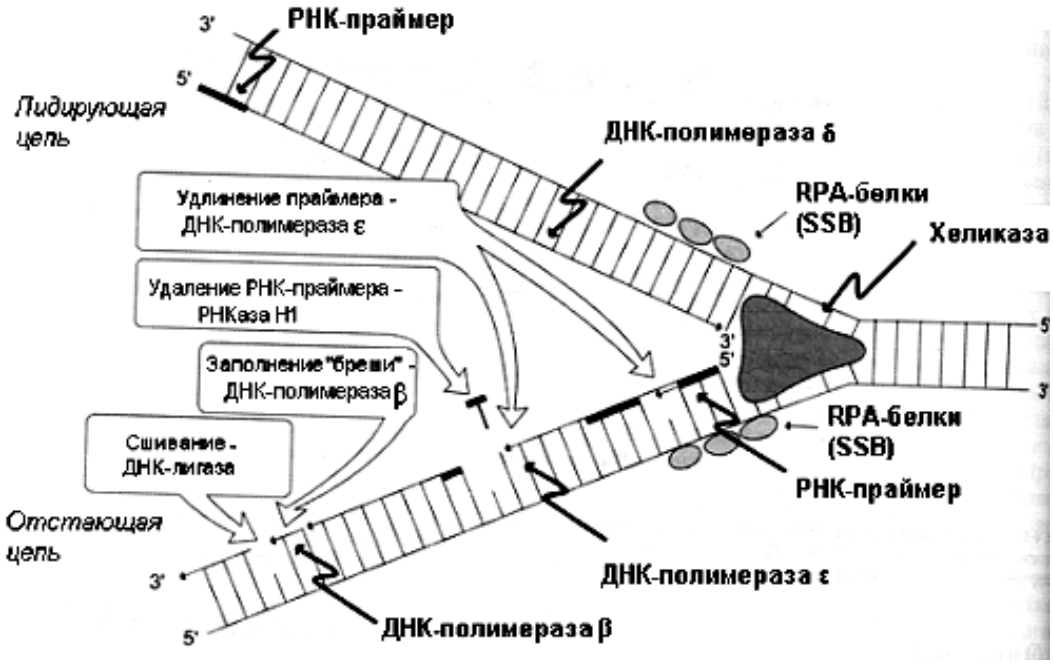
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Вспомните, что основная «догма» молекулярной биологии указывает на два основных направления потока генетической информации в клетке:

а) хранение и передача информации (репликация и репарация);

б) реализация генетической информации — экспрессия генов (рекогниция, транскрипция и трансляция).

На рисунке показаны основные участники механизма репликации у эукариот:

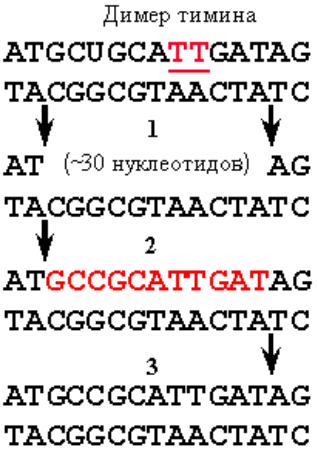


Задание 2. Вспомните, что в процессе синтеза и во время хранения молекулы ДНК подвергаются многочисленным физическим, химическим и другого рода воздействиям, которые вызывают нарушения структуры молекул ДНК. Существует многоуровневая система репарации повреждений:

– мутации, которые возникают в процессе репликации. Репарируются (если это возможно) путем повторного считывания последовательности, удаления неправильно вставленного нуклеотида ДНК-полимеразами, обладающими экзонуклеазной активностью;

– мутации, которые не исправлены путем повторного считывания. Репарируют при помощи специальной пострепликативной репарации. Молекула родительской ДНК метилирована по отдельным азотистым основаниям, и вновь синтезируемая цепь также метилируется. Во время метилирования идет проверка правильности расположения мононуклеотидов, и в случае обнаружения мутации включается механизм эксцизионной репарации с последующим метилированием цепи;

– мутации, возникающие спонтанно, в любое время репарируются механизмом эксцизионной репарации.



2.1. На рисунке справа изображена последовательность событий эксцизионной репарации в случае образования димера тимина в структуре ДНК.

Расставьте в последовательности, обозначенной на рисунке, следующие ферменты:

А. ДНК-лигаза.

Б. Эксцизионная нуклеаза.

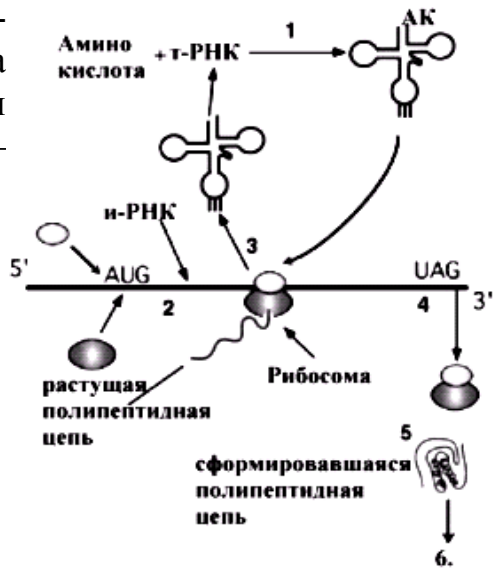
В. ДНК-β-полимераза.

Задание 3. Вспомните, что среди механизмов узнавания белками (ферментами, факторами регуляции и т. д.) отдельных участков нуклеотидных последовательностей определенную роль играют палиндромные последовательности нуклеотидов (в частности, при узнавании ДНК-рестриктазами), которые могут формировать крестообразные структуры в молекуле ДНК.

3.1. Изобразите крестообразную структуру из палиндромной последовательности, показанной на рисунке ниже:

```
          1  2  3  4  5  6  6′ 5′ 4′ 3′ 2′ 1′
5′–G–C–C–G–A–G–T–A–G–C–T–A–C–T–C–A–T–T–3′
3′–C–G–G–C–T–C–A–T–C–G–A–T–G–A–G–T–A–A–5′
          1′ 2′ 3′ 4′ 5′ 6′ 6  5  4  3  2  1
```

Задание 4. Механизмы реализации генетической информации в клетке многоэтапны. На рисунке изображены основные этапы экспрессии генов. Подберите пары (буква – таблица, цифра – рисунок):



А. Терминация	
Б. Рекогниция	
В. Инициация	
Г. Секреция	
Д. Формирование пространственной структуры	
Е. Элонгация	

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

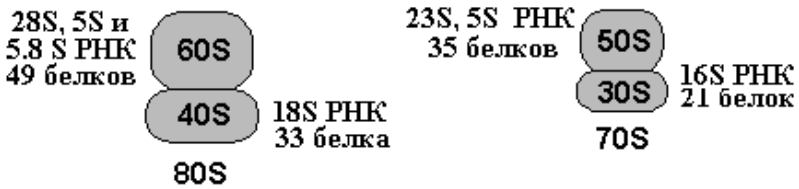
Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Напишите реакцию, катализируемую АРСазой.

Задание 2. На рисунке ниже показано строение рибосом у эукариот и прокариот.

2.1. Почему 60S + 40S = 80S, а 50S + 30S = 70S?

1. Скорость седиментации зависит от массы частиц.
2. Скорость седиментации зависит от формы частиц.
3. От того и другого.



Задание 3. На рисунке ниже показана схема структуры lac-оперона:

CAP (катаболитами активируемый белок). Этот белок — рецептор цАМФ, уровень которой в клетке определяется уровнем глюкозы (снижение количества глюкозы в питательной среде приводит к повышению уровня цАМФ в клетке). CAP, связанный с цАМФ, присоединяется к ДНК и стимулирует РНК-полимеразу, при этом ее активность увеличивается в 20–50 раз.

Репрессор связан с опероном в отсутствии лактозы.

А. Дополните строку:

промотор — место связывания _____

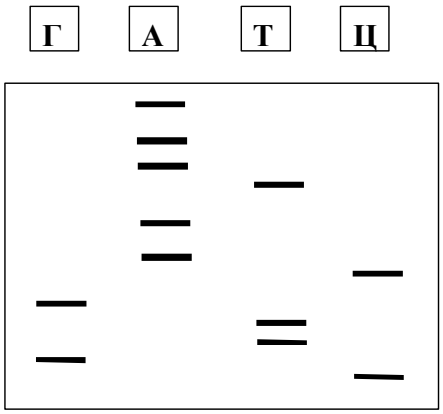
оператор — место связывания _____

Б. Изобразите схематически, используя предлагаемые выше формы для участников, их расположение на опероне при следующих 4 состояниях. В каком из них будут синтезированы белки, кодируемые опероном?

Компонент среды	**1**	**2**	**3**	**4**
Лактоза	+	–	–	+
Глюкоза	+	+	–	–

Задание 4. На рисунке ниже приводятся результаты электрофореза фрагментов участка молекулы ДНК (метод Сэнджера). Попытайтесь выяснить на основании этих результатов нуклеотидную последовательность анализируемого участка ДНК. Какая аминокислотная последовательность закодирована в этом участке? Буквы в скобках обозначают соответствующие дидезоксинуклеотиды, вносимые в реакционную среду ДНК-полимеразной реакции. Таблицу генетического кода смотрите в учебнике.

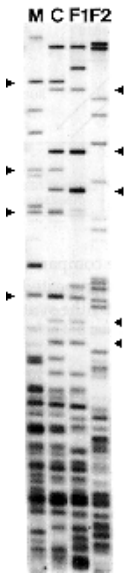
Для ответа на вопросы заданий 5–6 рассмотрите электрофореграммы, представленные на рисунке ниже.



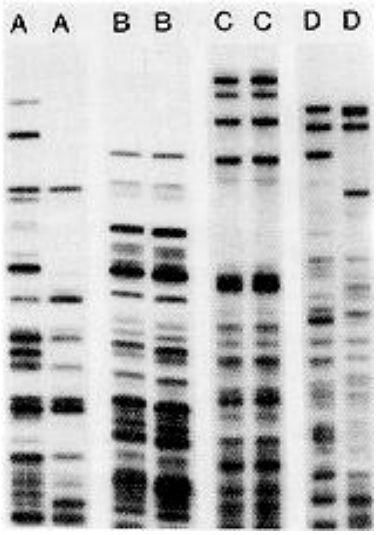
Задание 5. На электрофореграмме А (слева) «отпечатки пальцев» ДНК матери **(M)**, ребенка **(C)** и двух предполагаемых отцов (**F1**, **F2**). Указатели на левой стороне указывают полосы ДНК, общие между ребенком и матерью. Указатели на правой стороне указывают полосы ДНК, общие между ребенком и предполагаемыми отцами. Ваше мнение о предполагаемом отце.

Задание 6. Электрофореграмма Б (справа) показывает результаты исследования полиморфизма длины фрагментов рестрикции 4 пар близнецов. Ваше мнение об идентичности близнецов.

А



Б



Ситуационная задача 1.

5-Фторурацил, структурный аналог тимина, является противоопухолевым препаратом из группы антиметаболитов.

Объясните молекулярный механизм цитотоксического действия препарата.

Синтез какой нуклеиновой кислоты нарушается в присутствии данного препарата?

Изобразите схему репликативной вилки.

Ситуационная задача 2.

Несовершенный остеогенез, или болезнь «хрустального человека», — это наследственная патология, клинически проявляющаяся предрасположенностью к переломам костей даже на фоне небольшой травмы и скелетным нарушениям. Развитие болезни связано с нарушением синтеза коллагена I типа из-за мутации генов. Болезнь может наследоваться по аутосомно-доминантному либо аутосомно-рецессивному типу. В ряде случаев заболевание возникает из-за спонтанных мутаций.

Назовите ферменты матричного процесса, которые должны исправлять нарушения структуры ДНК в норме.

Объясните механизмы данного процесса.

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 (1 – В; 2 – А; 3 – Г; 4 – Д; 5 – Б).

2 — ДНК – А, Б, Д; РНК – В, Е, Ж, И; ДНК и РНК – Г, К, З.

3 (А – 7; Б – 3; В – 10; Г – 4; Д – 9; Е – 6; Ж – 11, З – 2; И – 1; К – 5).

***Для самостоятельной работы*:**

2 (1 – Б; 2 – В; 3 – А). 4 (А – 4; Б – 1; В – 2; Г – 6; Д – 5; Е – 3).

Лабораторная работа (30 минут)

Анализ продуктов гидролиза нуклеопротеинов дрожжей.

Для изучения химического состава нуклеопротеинов проводят кислотный гидролиз дрожжей, поскольку они очень богаты нуклеопротеинами. Специфическими реакциями для каждого вещества открывают продукты гидролиза — полипептиды, пуриновые основания, углевод и фосфорную кислоту.

Принцип метода. Пекарские дрожжи гидролизуют под действием разбавленной серной кислоты. Полученный гидролизат используют для дальнейшей работы.

Работа 1. Биуретовая реакция на полипептиды. К 5 каплям гидролизата приливают 10 капель 10 % раствора NaOH, затем 2 капли 1 % раствора сульфата меди. Отмечают появление розово-фиолетовой окраски.

Работа 2. Серебряная проба на пуриновые основания. К 10 каплям гидролизата дрожжей добавляют 10 капель концентрированного раствора аммиака, затем добавляют 10 капель 2 % аммиачного раствора нитрата серебра. При стоянии через 3–5 мин образуется светло-коричневый осадок серебряных солей пуриновых оснований (содержимое пробирки перемешивать при стоянии не надо).

Работа 3. Качественная реакция на пентозу (Молиша). К 10 каплям гидролизата дрожжей добавляют 3 капли 1 % спиртового раствора тимола, перемешивают и по стенке пробирки осторожно приливают 20–30 капель концентрированной серной кислоты. При встряхивании на дне пробирки образуется продукт конденсации красного цвета.

Работа 4. Молибденовая проба на фосфорную кислоту. К 10 каплям гидролизата дрожжей добавляют 20 капель молибденового реактива и кипятят. При этом жидкость окрашивается в лимонно-желтый цвет (не осадок). Пробирку сразу охлаждают в струе холодной воды. На дне пробирки появляется кристаллический лимонно-желтый осадок фосфорномолибденовой кислоты.

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 21
КОЛЛОКВИУМ ПО ТЕМАМ «ОБМЕН ПРОСТЫХ БЕЛКОВ И НУКЛЕОПРОТЕИНОВ», «БИОСИНТЕЗ ДНК, РНК И БЕЛКА»

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Азотистый баланс, его состояние в норме и при патологии. Что характеризует коэффициент изнашивания?
2. Биологическая ценность белков. Нормы белка в питании.
3. Гидролиз белков (протеолиз). Классификация и свойства протеаз.
4. Переваривание белков. Характеристика протеаз желудочно-кишечного тракта (оптимум pH, механизмы активации, субстратная специфичность, эндо- и экзопептидазы). Роль HCl в переваривании белков. Кислотность желудочного сока — принцип определения, содержание в норме.
5. Гниение белков. Умейте схематически изобразить происхождение фенола, крезола, скатола, индола, кадаверина, путресцина. Механизмы обезвреживания продуктов гниения белков.
6. Аминокислотный фонд клетки, его пополнение и использование.
7. Переаминирование. Роль витамина B_6. Умейте писать реакции переаминирования с участием аланиновой и аспарагиновой трансаминаз. Знайте их диагностическое значение.
8. Виды дезаминирования. Глутаматдегидрогеназная реакция — химизм, коферменты, значение. Непрямое дезаминирование.
9. Пути использования безазотистого остатка аминокислот, уметь привести примеры реакций конкретных метаболических процессов. Гликогенные и кетогенные аминокислоты.
10. Пути обезвреживания аммиака. Умейте написать реакции синтеза и распада аспарагина, глутамина, восстановительного аминирования

α-кетоглутарата, схему синтеза мочевины. Остаточный азот. Значение определения мочевины и остаточного азота в клинике.

11. Реакции декарбоксилирования аминокислот, биогенные амины. Уметь писать реакции синтеза триптамина, серотонина, гистамина, γ-аминомасляной кислоты, знать их роль в организме, пути обезвреживания.

12. Синтез катехоламинов. Функции дофамина, норадреналина и адреналина в организме, пути обезвреживания. Наследственные нарушения обмена фенилаланина и тирозина. Роль дофамина при болезни Паркинсона.

13. Переваривание нуклеопротеинов в желудочно-кишечном тракте.

14. Пути реутилизиции азотистых оснований и нуклеозидов в клетке.

15. Конечные продукты распада пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов. Реакции образования мочевой кислоты. Гиперурикемия — ее причины и последствия.

16. Биосинтез пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов de novo: субстраты, ключевые ферменты, основные промежуточные продукты. Регуляция синтеза. Роль витаминов.

17. Применение в медицине синтетических структурных аналогов нуклеозидов и фолиевой кислоты.

18. Образование дезоксирибонуклеотидов для синтеза ДНК (схема).

19. Репликация. Субстраты, ферменты, механизм. Механизмы репарации ДНК, роль этого процесса.

20. Транскрипция. Ферменты, субстраты, механизм, регуляция. Обратная транскрипция.

21. Рекогниция и собственно трансляция как этапы биосинтеза белка в клетке (роль т-РНК, АРСазы, строение рибосом и общие принципы механизма трансляции, источники энергии для биосинтеза белка, регуляция).

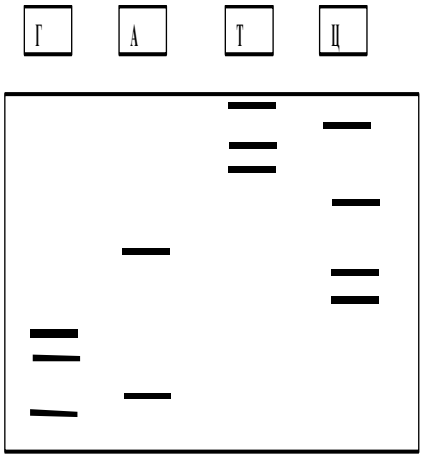
22. Виды посттрансляционной модификации белков.

23. Современные методы молекулярной биологии (ПЦР, блот-анализ ДНК (Саузерн-блот), метод «отпечатков пальцев ДНК», клонирование). Принципы постановки, применение в медицине.

24. Метод определения последовательности нуклеотидов в ДНК (метод Сэнджера).

Пример задачи и вопросов на метод Сэнджера.

На рисунке приводятся результаты исследования нуклеотидной последовательности участка молекулы ДНК (метод Сэнджера).



1. На чем основан этот метод?

2. Что нужно сделать, чтобы получить такую картину (поэтапно)?

3. В чем проводили электрофорез, по какому принципу произошло разделение фрагментов?

4. Что обозначают буквы в скобках и черточки на рисунке?

5. Какую роль выполняют дидезоксинуклеотиды в этом методе?

6. В каком направлении следует «читать» полученную электрофореграмму и почему?

7. Установите, в какой последовательности ДНК-полимераза включала нуклеотиды в синтезируемую цепь.

8. Что нужно сделать, чтобы расшифровать полученную картину и узнать последовательность нуклеотидов в анализируемом участке ДНК?

9. Какая аминокислотная последовательность закодирована в этом участке? (Таблица генетического кода будет в вашем распоряжении.)

Вопросы для подготовки к коллоквиуму для студентов МФИУ:

1. Азотистный баланс. Виды азотистого баланса в норме и при патологии.

2. Потребность в белках. Биологическая ценность белков.

3. Протеолиз, виды, биологическая роль.

4. Переваривание белков. Общая характеристика протеаз, их субстратная специфичность.

5. Роль соляной кислоты в переваривании белков. Анализ желудочного сока.

6. Аминокислотный фонд клетки, его источники и пути использования.

7. Трансаминирование, аминотрансферазы, коферментная функция витамина B_6. Клинико-диагностическое значение определения активности аминотрансфераз сыворотки крови.

8. Пути дезаминирования аминокислот. Окислительное дезаминирование глутаминовой кислоты (химизм), значение глутаматдегидрогеназной реакции. Непрямое дезаминирование.

9. Пути использования безазотистого остатка аминокислот, уметь привести примеры конкретных метаболических процессов. Гликогенные и кетогенные аминокислоты. Способы синтеза новых аминокислот.

10. Декарбоксилирование аминокислот, ферменты, кофермент. Биогенные амины (триптамин, серотонин, гистамин, γ-аминомасляная кислота), катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин). Реакции образования, биологическая роль, пути обезвреживания.

11. Пути связывания аммиака в клетках (восстановительное аминирование α-кетоглу-тарата, синтез глутамина и аспарагина, образование карбамоилфосфата). Транспортные формы аммиака.

12. Образование солей аммония в почках (источник аммиака, роль глутаминазы и глутаматдегидрогеназы, значение активирования глутаминазы почек при ацидозе).

13. Орнитиновый цикл мочевинообразования (схема цикла, субстраты, ферменты, энергетическое обеспечение, связь с лимоннокислым циклом, регуляция). Судьба мочевины.

14. Остаточный азот крови (основные компоненты и их относительное содержание). Принцип определения и клинико-диагностическое значение.

15. Обмен нуклеопротеинов. Переваривание нуклеопротеинов в желудочно-кишечном тракте (этапы, ферменты).

16. Распад пуриновых нуклеотидов (химизм, мочевая кислота как конечный продукт катаболизма). Представление о нарушениях пуринового обмена (гиперурикемия и подагра, почечно-каменная болезнь).

17. Биосинтез пуриновых нуклеотидов de novo (источники азота и углерода пуринового кольца, участие фолиевой кислоты, основные промежуточные продукты, ключевой фермент, регуляция синтеза). Представление о синтезе нуклеотидов из свободных азотистых оснований и нуклеозидов.

18. Распад пиримидиновых нуклеотидов. Биосинтез пиримидиновых нуклеотидов. Субстраты, схема процесса, ключевой фермент, регуляция синтеза, роль витаминов. Представление о нарушениях пиримидинового обмена (оротацидурия).

19. Синтез дезоксирибонуклеотидов.

20. Репликация, биологическая роль, субстраты, ферменты, молекулярный механизм.

21. Транскрипция, биологическая роль, субстраты, ферменты, процессинг РНК.

22. Рекогниция и трансляция как этапы реализации генетической информации в клетке. Компоненты белоксинтезирующей системы. Рекогниция (субклеточная локализация, схема, субстратная специфичность АРСаз). Роль тРНК в синтезе белка.

23. Современное представление о биосинтезе белка. Регуляция биосинтеза белка в клетке на генетическом уровне.

24. Посттрансляционная модификация молекул белка, виды, биологическая роль.

БИОХИМИЯ ГОРМОНОВ

Занятие 22
ГОРМОНЫ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ГОРМОНОВ. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ГОРМОНЫ

Актуальность темы. Гормоны — класс биологически активных регуляторных химических соединений, синтезируемых железами внутренней секреции и/или специальными клетками. Значение гормональной продукции заключается в том, что секретируемые гормоны осуществляют регуляцию метаболизма отдельных органов и тканей, определяют состояние физиологических процессов и жизнедеятельности организма в целом. Нарушение синтеза, секреции, транспорта и рецепции гормонов клетками лежит в основе многообразных эндокринных расстройств. В связи с этим понимание механизма эндокринных нарушений чрезвычайно важно для диагностики и целенаправленной терапии эндокринных заболеваний.

Цель занятия: научиться применять знание классификации гормонов, типов гормональных рецепторов, G-белков и последующего каскада внутриклеточных участников передачи гормонального сигнала для понимания особенностей механизма действия гормонов на клетки; уметь применять знания о механизме действия индивидуальных гормонов для объяснения расстройств метаболизма при нарушении образования или гиперпродукции гормонов в организме.

Рекомендуемые темы для реферативных докладов:

1. Механизм действия стероидных гормонов: внутриклеточная рецепция, взаимодействие с геномом клетки, активация синтеза ферментов.
2. Типы гормональных рецепторов. Механизм связывания гормонов 1-TMS и 7-TMS рецепторами. Проявления наследственного дефекта рецепторов.
3. Молекулярный механизм действия инсулина и сахарный диабет.
4. Молекулярный механизм действия тиреоидных гормонов. Зоб, микседема и базедова болезнь.
5. Применение анаболических гормонов в спортивной медицине.
6. Эндокринная функция эпифиза.
7. Оксид азота: происхождение, регуляторное действие в организме, использование в лекарственной терапии.
8. Факторы роста, их рецепторы, механизм действия. Значение в межклеточном взаимодействии.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

▪ *анатомии человека*:

– анатомию желез внутренней секреции;

▪ *гистологии*:

– гистологическое строение желез внутренней секреции и гормоны, синтезируемые ими;

– АПУД-систему;

– типы гормональной секреции: эндокринную, нейроэндокринную, пара- и аутокринную;

▪ *биоорганической химии*:

– строение и свойства пептидов и белков;

– холестерол и стероиды — строение и свойства.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Подберите соответствующие пары гормон – источник гормона:

1. α-Клетки островков Лангерганса.	А. Глюкагон.
2. β-Клетки островков Лангерганса.	Б. Минералокортикоиды.
3. С-Клетки щитовидной железы.	В. Глюкокортикоиды.
4. Фолликулярные клетки щитовидной железы.	Г. Инсулин.
5. Сетчатая зона коры надпочечников.	Д. Половые гормоны.
6. Пучковая зона коры надпочечников.	Е. Тиреокальцитонин.
7. Клубочковая зона коры надпочечников.	Ж. Тироксин.

Задание 2. Выберите правильный ответ: эндокринная секреция — это:

А. Гормон, синтезируемый клеткой, выделяется в окружающую среду и действует на рядом расположенные клетки.

Б. Гормон, синтезируемый клеткой, выделяется в окружающую среду и действует на клетку, в которой он был синтезирован.

В. Нейромедиатор, синтезируемый нервными клетками.

Г. Гормон, синтезируемый клеткой, выделяется в кровь и действует на отдаленные от места синтеза клетки.

Задание 3. Какие гормоны секретируются аденогипофизом?

А. Окситоцин.

Б. Либерины.

В. Статины.

Г. Серотонин.

Д. Пролактин.

Е. Меланоцит-стимулирующий гормон.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Классификация гормонов по месту синтеза, химической природе.
2. Особенности синтеза гормонов белково-пептидной природы, стероидной природы, производных липидов.
3. Особенности биологического действия гормонов. Транспорт кровью.
4. Понятие «рецептор гормона». Классификация рецепторов: внутриклеточные рецепторы (ядерные и цитозольные), рецепторы цитоплазматической мембраны (лиганд-зависимые и потенциал-зависимые каналообразующие рецепторы, строение1-TMS и 7-TMS-рецепторов).
5. Механизм действия гормонов: стероидной, аминокислотной и белково-пептидной природы.
6. Классификация G-белков и механизм их функционирования. Патология этих белков.
7. Понятие о вторичных посредниках действия гормонов (циклические нуклеотиды, ИТФ, Ca^{2+}, диацилглицерол).
8. Растворимая и мембраносвязанная гуанилатциклазы. Оксид азота.
9. Аденилатциклаза и фосфолипаза С. Их роль в клетке.
10. Роль протеинкиназ в клетке.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 485–528.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 427–454.
3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк.., 2013. С. 278–294.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Маршалл, В.* Клиническая биохимия / В. Маршалл. Санкт-Петербург, 2002. 380 с.

3. *Руководство* по клинической эндокринологии / под ред. Н. Т. Старковой. Санкт-Петербург, 1996. С. 7–10, 201–279, 296–376.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Вспомните, какие гормоны связываются с внутриклеточными рецепторами, а какие — с рецепторами плазматической мембраны. Обратите внимание, что при патологии рецепторов ткани-мишени теряется чувствительность к гормону (гормон не вызовет соответствующего метаболического ответа).

1.1. В клинику поступил больной в состоянии гипергликемической комы. Введение инсулина не нормализовало концентрацию глюкозы крови. Какую причину гипергликемии можно предположить у больного?

А. Аномалия клеточных рецепторов.

Б. Гиперфункция гормонов коры надпочечников.

В. Истинная гипоинсулинемия.

Г. Опухоль базофильных клеток гипофиза.

Д. Опухоль мозгового слоя надпочечников

1.2. У лабораторных животных, подвергшихся действию мутагенного вещества, обнаружили в тканях измененную аденилатциклазу. К какому гормону будут нечувствительны органы-мишени у этих животных?

А. Эстрадиолу. Г. Прогестерону.

Б. Тироксину. Д. Альдостерону.

В. Глюкагону.

Задание 2. Вспомните химическую природу гормонов.

2.1. Студенту предложили смоделировать биосинтез адреналина, используя в качестве источника ферментов гомогенат мозгового слоя надпочечников, а в качестве субстрата — одно из ниженазванных веществ. Студент не справился с заданием, так как использовал для синтеза:

А. Диоксифенилаланин. В. Тирозин. Д. Дофамин.

Б. Фенилаланин. Г. Лизин.

2.2. У больных с опухолью клубочковой зоны надпочечника в три раза увеличивается биосинтез кортизола и кортикостерона и в 70 раз возрастает биосинтез альдостерона. Укажите метаболит, использование которого резко увеличивается:

А. Сукцинил-КоА. В. Холин. Д. Холестерол.

Б. Эргостерол. Г. Метионин.

2.3. Какой из нижеперечисленных гормонов не является гликопротеином?

А. Соматотропин. В. Лютеинизирующий гормон.

Б. Тиреотропин. Г. Фолликулостимулирующий гормон.

Задание 3. Вторичными посредниками действия гормонов на клетку являются циклические нуклеотиды, ИТФ, Ca^{2+}, диацилглицерол. Запомните, что цАМФ по некоторым своим эффектам на метаболизм клетки является антагонистом цГМФ.

3.1. Больному в течение недели вводили препарат теофиллин — ингибитор фосфо-диэстеразы цАМФ. Активность какого гормона может усилиться на фоне такого лечения?

А. Адреналин. В. Альдостерон. Д. Эстрадиол.
Б. Дезоксикортикостерон. Г. Кортизол.

3.2. У больного диагностирована опухоль мозгового слоя надпочечников — феохромоцитома. Какой посредник гормонального сигнала активно участвует в действии на ферменты при этом заболевании?

А. цАМФ. В. цТМФ. Д. цГМФ.
Б. Простагландины. Г. Са-кальмодулин.

3.3. Больной поступил в клинику с гипергликемией в результате развития опухоли, продуцирующей адреналин. С помощью введения каких веществ можно уменьшить интенсивность действия адреналина на органы-мишени?

А. Активаторы фосфодиэстеразы. Г. цГМФ.
Б. цАМФ. Д. Ингибиторы кальциевых каналов.
В. Простагландины.

3.4. Какое из названных соединений не является вторичным посредником в действии гормонов?

А. Диацилглицерол. В. цГМФ. Д. ГМФ.
Б. цАМФ. Г. Ca^{2+}.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ (САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ)

Задание 1. Внутриядерные рецепторы обнаружены для:

А. Адреналина. Г. Гормона роста.
Б. Трийодтиронина. Д. Серотонина.
В. Глюкагона.

Задание 2. При обследовании представителей африканского племени пигмеев обнаружили нарушение синтеза в печени IGF-1. В реализации биологического действия какого гормона участвует этот белок?

А. Соматотропина. Г. Соматостатина.
Б. Пролактина. Д. Лютропина.
В. Соматолиберина.

Задание 3. Фосфолипаза, расщепляющая фосфатидилинозитол на диацилглицерол и ИТФ, это:

Б. Фосфолипаза A_2. В. Фосфолипаза С.
А. Фосфолипаза A_1. Г. Фосфолипаза D.

Задание 4. Какой из нижеперечисленных гормонов **НЕ** является стероидом?

А. Кортизол. Г. Пролактин.
Б. Альдостерон. Д. Дигидроксихолекальциферол.
В. Прогестерон.

Задание 5. Какой из нижеперечисленных гормонов **НЕ** является пептидом?

А. Окситоцин. В. Глюкагон. Д. Тиреолиберин.
Б. Трийодтиронин. Г. Вазопрессин.

Задание 6. G_s-белки стимулируют активность аденилатциклазы. Однако с течением времени этот эффект исчезает. Это обусловлено:

А. АТФ-азной активностью α-субъединицы.
Б. АТФ-азной активностью γ-субъединицы.
В. Фосфодиэстеразной активностью G_s-белка.
Г. Фосфолипазной активностью G_s-белка.
Д. ГТФ-азной активностью α-субъединицы.

Задание 7. Фосфорилироваться в рецепторах гормонов могут аминокислоты, содержащие ОН-группы. Назовите киназу, которой не существует:

А. Тирозинкиназа. Г. Тир/сер/тре-киназа.
Б. Рецептор инсулина. Д. Рецептор соматотропина.
В. Серин-треонинкиназа. Е. Тир/вал-киназа.

Задание 8. Выберите вторичные посредники действия окситоцина:

А. Ca^{2+}. Г. Диацилглицерол.
Б. цАМФ. Д. Оксид азота.
В. цГМФ. Е. ИТФ.

Ситуационная задача.

На прием к педиатру мама привела ребенка (6 лет) с признаками респираторной инфекции: насморк, кашель, субфебрильная температура. Со слов матери, у ребенка приступообразный сильный кашель. С помощью иммуноферментного анализа в сыворотке крови ребенка были обнаружены антитела к возбудителю коклюша.

Поясните, на какой тип рецептора воздействует коклюшный эндотоксин?

Напишите схему внутриклеточного пути передачи сигнала от данного типа рецептора в норме.

Какие изменения в работе рецептора вызывает коклюшный эндотоксин?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 (1 – А; 2 – Г; 3 – Д, Е; 4 – Ж; 5 – Д; 6 – В; 7 – Б). 2 — Г. 3 — Г, Д.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1 — А; 1.2 — В. 2.1 — Г; 2.2 — Д; 2.3 — А. 3.1 — А; 3.2 — А; 3.3 — А, Г; 3.4 — Д.

Лабораторная работа (60 минут)

Качественные реакции на гормоны.

Гормоны щитовидной железы. Щитовидная железа синтезирует и секретирует высокоактивные йодсодержащие тиреоидные гормоны: тироксин (T_4) и 3,5,3′-трийодтиронин (T_3), а также нейодированный гормон (полипептид) тиреокальцитонин, функция которого связана с регуляцией уровня кальция и фосфора в крови.

Работа 1. Качественная реакция на тироксин.

Принцип метода. При разрушении тиреоидина образуется йодид калия, из которого йод легко вытесняется йодатом калия. Вытеснение йода из соли йодистоводородной кислоты является окислительно-восстановительной реакцией, где йодид калия служит восстановителем, а йодат калия (остаток йодноватой кислоты) — окислителем. Выделившийся йод обнаруживают с помощью крахмала (синее окрашивание) в кислой среде.

Ход работы. В пробирку наливают 24 капли гидролизата тиреоидина, прибавляют 3 капли 1 % раствора крахмала, 1 каплю фенолфталеина, а затем 4 капли йодата калия и приблизительно 10–15 капель 10 % раствора серной кислоты до обесцвечивания и появления синего окрашивания.

Результат:

Гормоны поджелудочной железы. В поджелудочной железе вырабатывается ряд гормонов: инсулин, глюкагон и липокаин. Инсулин вырабатывается в β-клетках островков Лангерганса (от лат. insula — остров), откуда и получил свое название. Инсулин — белок, состоящий из двух полипептидных цепей, соединенных друг с другом дисульфидными связями.

Первичная структура инсулина полностью расшифрована и осуществлен химический синтез инсулина. Органы мишени для инсулина: мышечная ткань, жировая ткань, кардиомиоциты. Действие инсулина многообразно. Инсулин играет важную роль в метаболизме углеводов. Он снижает содержание глюкозы в крови, увеличивает биосинтез гликогена в печени и мышцах, усиливает липогенез, т. е. образование жиров из углеводов, стимулирует синтез белков. Инсулин является антагонистом адреналина в регуляции синтеза и мобилизации гликогена.

Работа 2. Цветные реакции на инсулин.

Принцип метода. Инсулин дает характерные цветные реакции на белок и входящие в его состав аминокислоты. Существует два типа цветных реакций: 1) универсальные — биуретовая (на все белки) и нингидриновая (на все

α-аминокислоты и белки); 2) специфические — только на определенные аминокислоты.

Ход работы

Биуретовая реакция (открывает пептидную связь в белке). К 5 каплям 1 % раствора инсулина прибавляют 5 капель 10 % раствора NaOH, 2 капли 1 % раствора сульфата меди и все перемешивают; содержимое пробирки приобретает фиолетовое окрашивание.

Нингидриновая реакция (характерна для аминогрупп в α-положении, входящих в сосстав белков, полипептидов и свободных аминокислот). К 5 каплям 1 % раствора инсулина добавляют 5 капель 0,5 % водного раствора нингидрина и кипятят 1–2 мин. В пробирке появляется розово-фиолетовое окрашивание, а с течением времени раствор синеет.

Ксантопротеиновая реакция (Мульдера) на ароматические аминокислоты. В пробирку наливают 5 капель 1 % раствора инсулина, затем добавляют 3 капли концентрированной азотной кислоты и осторожно кипятят. В пробирке появляется осадок желтого цвета.

Реакция на тирозин (Миллона). В пробирку наливают 5 капель 1 % раствора инсулина, добавляют 3 капли реактива Миллона и осторожно нагревают. В пробирке появляется осадок темно-красного цвета.

Реакция на аминокислоты, содержащие слабосвязанную серу (Фоля). В пробирку наливают 5 капель 1 % раствора инсулина и добавляют 5 капель реактива Фоля, интенсивно кипятят и дают постоять 1–2 мин. При этом появляется черный или бурый осадок сульфида свинца.

Результат:

Гормоны мозгового слоя надпочечников. В мозговом слое надпочечников из аминокислоты тирозина синтезируются катехоламины, имеющие пирокатехиновое ядро и аминогруппу.

Работа 3. Качественные реакции на адреналин.

Принцип метода. Адреналин обладает слабощелочной реакцией, легко окисляется на воздухе с образованием адренохрома, вследствие чего раствор окрашивается в красный цвет. При взаимодействии с нитритом наблюдается желто-оранжевое окрашивание, с диазореактивом — красное и с хлорным железом — зеленое. Реакция с хлорным железом характерна для пирокатехинового кольца, входящего в молекулу адреналина и норадреналина. В красный цвет жидкость окрашивается вследствие образования сложного соединения типа азокрасителя.

Ход работы

Реакция с хлорным железом. В пробирку наливают 10 капель раствора адреналина и добавляют 1 каплю хлорного железа. Появляется зеленое окрашивание вследствие присутствия пирокатехина в молекуле адреналина. Добавляют 3 капли 10 % раствора NaOH и наблюдают изменение окрашивания (на вишнево-красное).

Диазореакция. К 6 каплям 0,5 % раствора сульфаниловой кислоты прибавляют 6 капель 0,5 % раствора нитрита натрия (смесь диазореактива), 10 капель раствора адреналина и 3 капли 10 % раствора NaOH. Жидкость окрашивается в коричневый цвет.

Результат:

Работа 4. Флюоресценция продуктов окисления адреналина.

Принцип метода. Адреналин, окисляясь кислородом воздуха, при добавлении щелочи дает флюоресцирующие продукты.

Ход работы. К 10 каплям воды приливают 6 капель 10 % раствора NaOH и 6 капель раствора адреналина. Поместив пробирку перед включенным флюороскопом, наблюдают зеленую флюоресценцию продуктов окисления адреналина.

Результат:

Выводы:

Подпись преподавателя:

Занятие 23
БИОХИМИЯ ГОРМОНОВ. ТЕСТ НА ТОЛЕРАНТНОСТЬ К ГЛЮКОЗЕ

Актуальность темы. Механизм действия индивидуальных гормонов необходимо знать не только эндокринологу, но и врачу любой специализации. Гормоны нашли широкое применение в медицине. Диагностика эндокринной патологии на основании изменения биохимических показателей метаболизма, в частности, диагностика сахарного диабета с помощью метода нагрузки глюкозой широко применяется в медицинской практике.

Цель занятия: закрепить знания о химическом строении и механизмах действия индивидуальных гормонов; особое внимание уделить эндокринной патологии поджелудочной железы; научиться строить и интерпретировать результаты построения различных типов гликемических кривых.

Требования к исходному уровню знаний. Требования те же, что и к предыдущему занятию. Дополнительно нужно вспомнить из курса биоорганической химии о том, что глюкоза (благодаря наличию в ее формуле альдегидной группы) обладает редуцирующими свойствами. На этом основаны методы ее определения в биологических жидкостях.

Задание для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Какой из этих углеводов даст реакцию Троммера?

А. Сахароза.
Б. Лактоза.
В. Фруктоза.
Г. Глюкоза.
Д. Гликоген.

Правильность решения проверьте, сопоставив его с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Гормоны аденогипофиза: химическое строение, типы рецепторов в тканях-мишенях. Гормон роста, каскадный механизм усиления гормонального сигнала, реализация эффекта этого гормона на уровне тканей-мишеней. Роль избыточной и недостаточной секреции гормона роста.

2. Гормоны нейрогипофиза: химическое строение, тип рецептора в ткани-мишени, каскадный механизм усиления гормонального сигнала, реализация эффекта вазопрессина на уровне тканей-мишеней. Несахарный диабет.

3. Тироксин и трийодтиронин: химическое строение, предшественник синтеза, тиреоглобулин, тип рецептора в ткани-мишени, реализация эффекта тиреоидных гормонов на уровне клетки. Роль пероксидазы и дейодазы в метаболизме гормонов. Проявление гипо- и гипер-тиреоидизма.

4. Гормоны коры надпочечников: химическое строение, предшественник синтеза, тип рецептора в ткани-мишени, реализация эффекта глюкокортикоидов и минералокортикоидов на уровне клетки. Синдром Кушинга. «Бронзовая болезнь».

5. Инсулин и глюкагон: химическое строение, синтез инсулина, типы рецепторов в тканях-мишенях для глюкагона и инсулина, реализация эффекта гормонов поджелудочной железы на уровне клеток. Нарушения метаболизма при диабете. Диагностическое значение гликемических кривых.

Литература для подготовки

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 529–565.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 457–502.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 295–315, 317–320.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Маршалл, В*. Клиническая биохимия / В. Маршалл. Санкт-Петербург, 2002. 380 с.

3. *Руководство* по клинической эндокринологии / под ред. Н. Т. Старковой. Санкт-Петербург, 1996. С. 15–486.

4. *Brook, Ch. G. D.* Essential Endocrinology / Ch. G. D. Brook, N. J. Marshall. Blackwell Science (Oxford). 2001. P. 1–164.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Обратите внимание на то, что полиурия отмечается не только при сахарном диабете (Diabetus mellitus), но и при несахарном диабете (Diabetus insipidus), а также при почечном диабете (при поражении почек). Различить причину полиурии помогает определение удельного веса мочи и данные определения уровня гликемии. Не забывайте, что часто диабет носит скрытый характер и выявить заболевание можно на основании результатов нагрузки глюкозой.

1.1. При обследовании больного на толерантность к глюкозе определен натощак уровень глюкозы в крови 7,0 ммоль/л, через 2 часа после нагрузки глюкозой — 10 ммоль/л. Для какого нарушения регуляции углеводного обмена характерны эти показатели?

А. Сахарный диабет.

Б. Скрытая форма сахарного диабета.

В. Гиперинсулинизм.

Г. Болезнь Аддисона.

Д. Микседема.

1.2. В клинику поступил ребенок с жалобами на усиленную жажду, частое мочеиспускание. Клинический анализ крови и общий анализ мочи патологических компонентов не обнаружили. Что можно применить для лечения ребенка?

А. Вазопрессин.

Б. Окситоцин.

В. Альдостерон.

Г. Тиреоидин.

Д. Кортикостерон.

1.3. В эндокринологическое отделение поступила больная с жалобами на жажду, частое мочеиспускание, выраженную сухость кожных покровов. При анализе мочи качественной патологии не выявлено, плотность мочи 1,009. Для какого нарушения гормональной регуляции это характерно?

А. Несахарный диабет.

Б. Стероидный диабет.

В. Инсулярный диабет.

Г. Тиреотоксикоз.

Д. Микседема.

1.4. При лабораторном анализе у больного выявлен гипергликемический тип гликемической кривой. При каком заболевании, помимо сахарного диабета, это может быть?

А. Тиреотоксикозе. В. Инсулиноме. Д. Гипотиреозе.
Б. Болезни Аддисона. Г. Несахарном диабете.

1.5. В клинической лаборатории при анализе мочи в одной из проб определили низкий удельный вес. Какие изменения должны сопутствовать этому показателю?

А. Креатинурия. Г. Протеинурия.
Б. Глюкозурия. Д. Полиурия.
В. Кетонурия.

1.6. У больного при анализе мочи определили низкий удельный вес. Уровень какого гормона в крови нужно определить у больного для уточнения нарушения?

А. Инсулина. Г. Альдостерона.
Б. Вазопрессина. Д. Тиреокальцитонина.
В. Кортизола.

1.7. При профосмотре у женщины выявлена скрытая форма диабета. Лабораторные анализы позволили врачу назначить диетотерапию со сниженным количеством углеводов и увеличение липотропных веществ. Какой основной метаболический эффект достигается такой диетой?

А. Повышение использования глюкозы на синтез жира в жировой ткани.
Б. Снижение окисления жирных кислот в печени.
В. Повышение использования глюкозы на синтез жира в печени.
Г. Увеличение синтеза фосфолипидов и уменьшение отложения нейтрального жира в печени.
Д. Снижение синтеза фосфолипидов.

Задание 2. Инсулин и глюкагон — антагонисты. Вспомните механизм действия этих гормонов на углеводный и липидный обмены.

2.1. Пациент при лечении голоданием потерял 10 кг веса. Активация какого гормона привела к увеличению скорости катаболизма жиров при голодании?

А. Инсулина. Г. Альдостерона.
Б. Соматостатина. Д. Окситоцина.
В. Глюкагона.

2.2. Больному сахарным диабетом с отрицательным азотистым балансом назначили инъекции инсулина. На какой процесс подействует инсулин для восстановления азотистого равновесия?

А. Ингибирование глюконеогенеза.
Б. Ингибирование гликолиза.
В. Увеличение проницаемости клеток для Ca^{2+}.
Г. Активацию гликогенфосфорилазы.
Д. Активацию протеинфосфатаз

2.3. В клинику поступил больной без сознания. В выдыхаемом воздухе был запах ацетона, упругость тканей снижена (обезвоживание). Какой биохимический анализ будет вписываться в клиническую картину заболевания?

А. Гипергаммаглобулинемия.

Б. Снижение содержания $NH_2 – CO – NH_2$ в крови.

В. Наличие в моче $CH_3 – CH (OH) – CH_2 – COOH$.

Г. Снижение удельного веса мочи.

Д. Снижение содержания аминокислот в крови.

2.4. Вполне благополучный новорожденный, оставленный без кормления на длительный период, умер. Анализ взятого биопсией тканевого материала выявил отсутствие в печени фосфоенолпируваткарбоксикиназы. Какой гормон индуцирует синтез этого фермента?

А. Глюкагон. В. Инсулин. Д. Альдостерон.

Б. Тироксин. Г. Кортизол.

2.5. Подростку, длительно страдающему гипогликемией, ввели глюкагон и не получили ответной реакции на гормон. Исследование ткани печени, взятой при биопсии, выявило дефект фермента. Назовите этот фермент:

А. Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа.

Б. Гексокиназа. Г. Фосфоглюкомутаза.

В. Фосфогексоизомераза. Д. Глюкозо-6-фосфатаза.

2.6. У ребенка 2-го года жизни, страдающего мышечной слабостью, обнаружили увеличенную печень и низкий уровень глюкозы в крови натощак. После введения глюкагона гипергликемия не возникает. Исследование ткани печени, взятой при биопсии, выявило дефект фермента. Назовите этот фермент:

А. α-Амилаза.

Б. Лактатдегидрогеназа.

В. Гликогенфосфорилаза.

Г. Гексокиназа.

Д. Фруктокиназа.

Задание 3. Вспомните механизм действия гормонов коры надпочечников.

3.1. Девушка обратилась к врачу с жалобами на резкую мышечную слабость, головокружение, усиление пигментации кожи, потерю веса, сухость кожи, повышенный диурез. При обследовании установили сниженное артериальное давление, концентрация глюкозы крови 3,0 ммоль/л, повышенное выделение натрия с мочой. Назначение какого препарата может улучшить состояние больной?

А. Инсулина.

Б. Глюкагона.

В. Тироксина.

Г. Альдостерона.

Д. Питуитрина (вытяжка из задней доли гипофиза).

3.2. Больной обратился с жалобами на общую утомляемость, головную боль, боль в спине и конечностях, исхудание конечностей и увеличение жировых отложений в области спины и шеи, постоянную жажду. При осмотре врач заподозрил синдром Иценко–Кушинга. Изменение уровня какого гормона в крови подтверждает предположение врача?

А. Тироксина. В. Альдостерона.
Б. Кортизола. Г. Прогестерона.

Задание 4. При заболевании сахарным диабетом нарушается усвоение глюкозы тканями и усиливается распад липидов. В результате дефицита ЩУК нарушается функционирование ЦТК и избыток молекул ацетил-КоА используется на синтез кетоновых тел.

В клинику доставлена больная с сахарным диабетом в прекоматозном состоянии кетоацидотического типа. Увеличение содержания какого метаболита к этому привело?

А. Малоната. В. α-Кетоглутарата. Д. Аспартата.
Б. Оксалоацетата. Г. Ацетоацетата.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ (САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ)

Задание 1. Молодой пациент, страдающий инсулинзависимым диабетом, соблюдал рекомендации врача. Больной хорошо себя чувствовал. Однако при определении уровня глюкозы в крови у него была обнаружена выраженная гипергликемия (15 ммоль/л). Содержание гликозилированного (гликированного) гемоглобина HbA_{1c} составило 5,0 %. Насколько компенсировано заболевание?

Комментарий. Несмотря на высокий уровень глюкозы содержание HbA_{1c} у больного было нормальным, т. е. за прошедшие несколько недель лечение диабета было эффективным. Наличие гипергликемии, как удалось выяснить при более подробном анамнезе, объяснялось обильным застольем накануне.

Задание 2. При анализе мочи у больного обнаружена выраженная глюкозурия. Вспомните, чему равен почечный порог для глюкозы. Укажите уровень гликемии, при котором глюкоза будет экскретироваться в мочу:

А. 6 ммоль/л. В. 15 ммоль/л.
Б. 10 ммоль/л. Г. 40 ммоль/л.

Задание 3. Выберите причину, по которой глюкозурия может отмечаться у больного с нормогликемией:

А. Стресс. В. Заболевания почек.
Б. Голод. Г. Тиреотоксикоз.

Ситуационная задача.

Пациент — мальчик 5-ти лет. Рост ниже возрастной нормы. Признаки отставания умственного и психического развития. Ребенок малоактивен и неэмоционален. В крови низкая концентрация глюкозы и холестерола, высокая концентрация ТТГ.

Предположите, недостаток в работе какой железы возможен у данного пациента?

Концентрацию какого гормона в крови следует проконтролировать?

Опишите место синтеза данного гормона, его биологическую роль и механизм проведения гормонального сигнала.

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — Б, Г.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1 — А; 1.2 — А; 1.3 — А; 1.4 — А; 1.5 — Д; 1.6 — Б; 1.7 — Г.

2.1 — В; 2.2 — А; 2.3 — В; 2.4 — Г; 2.5 — Д; 2.6 — В.

3.1 — Г; 3.2 — Б. 4.1 — Г.

Лабораторная работа (60 минут)

Изучение углеводного обмена методом нагрузки глюкозой.

Для диагностики сахарного диабета и некоторых патологических состояний (недостаточность функции печени и почек, некоторые эндокринные заболевания, новообразования мозга, поджелудочной железы и надпочечников, гиповитаминоз B_1, некоторые наследственные аферментозы) важно иметь представление о состоянии углеводного обмена у больных, одним из показателей которого является уровень глюкозы в крови. В норме концентрация глюкозы в крови взрослого человека составляет **3,9–6,1 ммоль/л.**

Пероральный тест на толерантность к глюкозе (нагрузка глюкозой) позволяет выявить патологию в тех случаях, когда исследование содержания глюкозы в крови натощак не позволяет выявить нарушения обмена веществ.

Показания для проведения теста на толерантность к глюкозе:

– неоднозначные результаты однократных анализов крови натощак;

– глюкозурия: панкреатическая и внепанкреатическая (первая связана с недостатком секреции или недостаточностью самого инсулина; внепанкреатическая глюкозурия развивается при поражении других органов внутренней секреции, цнс, при эмоциональном стрессе, заболеваниях почек, печени, избытке углеводов в диете, при беременности);

– клинические признаки сахарного диабета или его осложнений при нормальной концентрации глюкозы крови натощак (скрытые формы диабета).

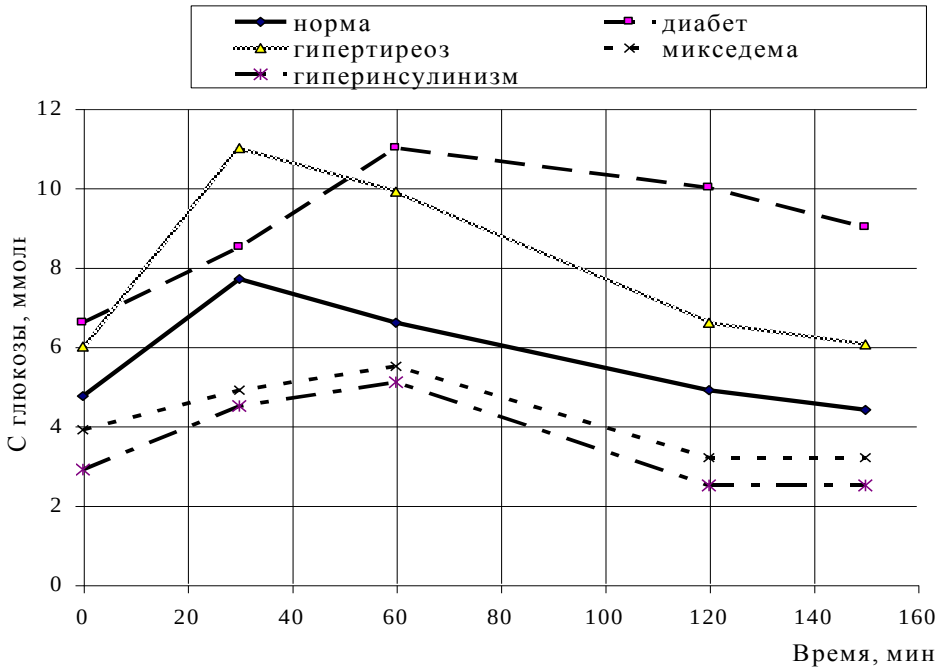
Проведение нагрузки. Утром натощак у больного берут кровь из пальца для определения содержания глюкозы, после чего ему дают выпить 200 мл раствора глюкозы (из расчета 1 г глюкозы на 1 кг массы тела) в течение 5 мин. Затем через каждые 30 мин у больного снова берут кровь из пальца (в пределах 2,5–3 ч), и результаты определения содержания глюкозы в этих пробах используют для построения гликемических кривых, откладывая на вертикальной оси значение концентрации глюкозы в каждой пробе, а на горизонтальной — время (минуты или часы).

Ход работы. В пробах для анализа № 1–6 определите содержание глюкозы (см. Инструкцию к практическому занятию № 11 «Определение глюкозы в крови ферментативным методом»). В 1-й пробирке — сыворотка крови, взятой натощак, во 2–6-й пробирках — взятой через каждые 30 минут после нагрузки глюкозой. На основании полученных данных постройте кривую. Проанализируйте гликемическую кривую, запишите выводы.

В норме после нагрузки концентрация глюкозы в крови возрастает в течение первого часа на 50–80 %, через 2 часа ее уровень снижается (часто ниже исходного), а через 2,5–3 часа он возвращается к исходному. В случаях нарушения толерантности к глюкозе (НТГ) значительное (до 10,0 ммоль/ л) повышение концентрации глюкозы после нагрузки сохраняется более 3 ч.

Гликемические кривые у детей имеют такой же характер, что и у взрослых, с тем лишь отличием, что повышение концентрации сахара в крови у детей меньшее.

На рисунке — гликемические кривые при однократной нагрузке глюкозой в норме и при некоторых патологических состояниях.



Клинико-диагностическое значение оценки гликемических кривых. У *больных с разными формами диабета* нарастание гликемической кривой происходит медленнее, достигая через 60–150 мин значительной величины (более чем в 1,8 раза превышая исходное значение), в большинстве случаев отмечается глюкозурия. Чем тяжелее заболевание, тем позже достигается максимум гликемии и тем он выше. Понижение кривой происходит очень медленно, чаще оно растягивается на 3–4 ч.

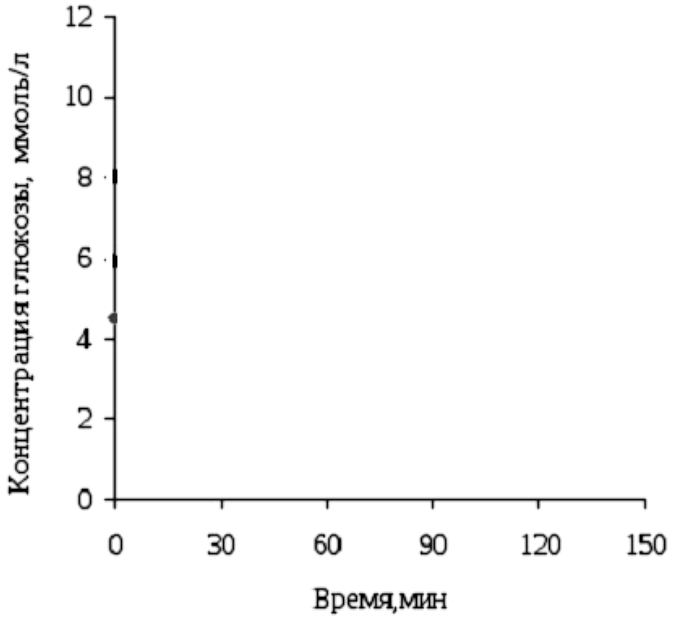
Заболеваниям щитовидной железы, связанным с ее гиперфункцией, свойственны гликемические кривые с более быстрым, чем в норме, подъемом, что, возможно, вызвано более интенсивным обменом веществ и возбуждением симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Для больных с *аденомой островков Лангерганса, гипотиреозом (микседемой), болезнью Аддисона* характерен низкий исходный уровень кривой, низкая ее вершина и высокий постгликемический коэффициент. При некоторых тяжелых заболеваниях (энцефалит и др.) глюкоза может появляться в моче в результате ренальной глюкозурии.

Критерии ВОЗ для постановки диагноза «сахарный диабет» и НТГ

Диагноз	**Время взятия крови**	**Венозная цельная кровь, ммоль/л**
Сахарный диабет	Натощак	>6,7
	2 ч после нагрузки глюкозой	>10,0
НТГ	Натощак	<6,7
	2 ч после нагрузки глюкозой	6,7–10,0

		0 мин	**30 мин**	**60 мин**	**90 мин**	**120 мин**	**150 мин**
Пациент 1	$E_{оп.}$						
	С глюкозы (ммоль/л)						
Пациент 2	$E_{оп.}$						
	С глюкозы (ммоль/л)						



Вывод:

Подпись преподавателя:

БИОХИМИЯ ПЕЧЕНИ. ИНТЕГРАЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА

Занятие 24
БИОХИМИЯ ПЕЧЕНИ. ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БЕЛКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО БИЛИРУБИНА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ

Актуальность темы. Печень играет центральную роль в промежуточном обмене веществ. Особенности ферментативного аппарата печени и ее анатомических связей с другими органами дают возможность печени участвовать в регуляции практически всех видов обмена веществ и поддерживать постоянство концентрации в крови многих жизненно важных соединений.

Печень — большая «промежуточная станция» между портальным и общим кругами кровообращения организма. Как правило, все вещества, всасывающиеся из кишечника, проходят через печень. Функции печени обусловливают ее своеобразный «биохимический альтруизм»: многие происходящие в ней процессы обеспечивают синтез различных веществ для других органов, а также на защиту этих органов от образующихся в них (или поступающих извне) токсических соединений.

В состав органа входят клетки Купфера, принимающие участие в фагоцитозе. Печень выделяет желчь, необходимую для переваривания жира. Значительную роль играет печень в процессах свертывании крови, т. к. синтезирует белки-компоненты свертывающей и антисвертывающей систем крови.

В печени депонируются железо, медь и витамин B_{12}, необходимые для эритропоэза. Продолжительность жизни эритроцитов составляет 110–120 дней. После этого они разру-шаются с освобождением гемоглобина. В печени, селезенке, костном мозге гемоглобин распадается с образованием билирубина. Дальнейшая судьба желчных пигментов (билирубина) связана с их метаболизмом в печени и в кишечнике. Определение в клинике содержания общего билирубина, его фракций и продуктов их деградации имеет важное значение в дифференциальной диагностике желтух различной этиологии.

Следует отметить значительную вариабельность химического состава печени, который зависит от характера питания, состояния обмена веществ. Особенно существенные изменения в соотношении отдельных компонентов наблюдаются при голодании и патологических процессах, например, жировой инфильтрации печени, гликогенозах и др.

В связи с вышеизложенным понятна необходимость правильной оценки функционального состояния печени с использованием различных биохимических тестов, позволяющих установить факт заболевания и отслеживать его течение.

Цель занятия: научиться применять знания о гомеостатической и интегрирующей роли печени в обмене углеводов, липидов и аминокислот для объяснения механизмов нарушений обмена веществ при болезнях печени и желчных путей; уметь использовать знания о путях превращения в печени ксенобиотиков для понимания биохимических аспектов фармакологии и токсикологии.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

▪ *анатомии, гистологии, физиологии*:

– особенности строения и микроструктуры печени;

– анатомо-физиологические взаимоотношения между печенью, желудочно-кишечным трактом и воротной веной;

▪ *биоорганической химии*:

– основные реакции введения функциональных групп в молекулы химических веществ с целью повышения их гидрофильных свойств;

▪ *биологической химии*:

– метаболические пути обмена углеводов, липидов и белков.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. При изучении микропрепарата печени студентам дано задание зарисовать структурную морфологическую единицу печени — ацинус.

1.1. Укажите функцию, которую выполняют элементы этой морфологической единицы — клетки Купфера:

А. Синтетическая.

Б. Выделительная.

В. Обезвреживающая.

1.2. Какую роль играет пространство Дисе?

А. Участвует в транспорте веществ между кровью синусоидов и паренхиматозными клетками.

Б. Является депо желчи.

В. Участвует в транспорте веществ между артериолами, венулами и центральной веной.

Задание 2. Методом «меченых атомов» была зафиксирована энтерогепатическая циркуляция желчных кислот. По каким кровеносным сосудам происходит возврат желчных кислот из кишечника к гепатоцитам в процессе этой циркуляции?

А. По центральной вене печени.

Б. По воротной вене печени.

В. По нижней полой вене печени.

Г. По печеночной артерии.

Задание 3. На лабораторном практикуме студенты получили задание сравнить растворимость различных веществ в воде. Сравнив результаты исследования, студенты убедились, что введение некоторых функциональных групп повышает гидрофильность молекул органических соединений.

3.1. Какие функциональные группы могут обеспечить гидрофильные свойства этих молекул?

А. Изопропильные.

Б. Дисульфидные.

В. Гидроксильные.

Г. Карбоксильные.

3.2. Назовите химические реакции, в результате которых в молекулы органических соединений могут быть введены указанные выше функциональные группы:

А. Гидроксилирование. В. Дезаминирование.

Б. Карбоксилирование. Г. Нитрование.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Роль печени в обмене углеводов, липидов, белков.
2. Обезвреживающая функция печени, механизмы (защитные синтезы, ацетилирование, микросомное окисление, конъюгация).
3. Роль печени в пигментном обмене. Распад гемоглобина (схема). Обмен билирубина в норме и патологии. Желтухи (гемолитическая, обтурационная, паренхиматозная) и их дифференциальная диагностика.
4. Биохимические методы диагностики нарушений функций печени.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

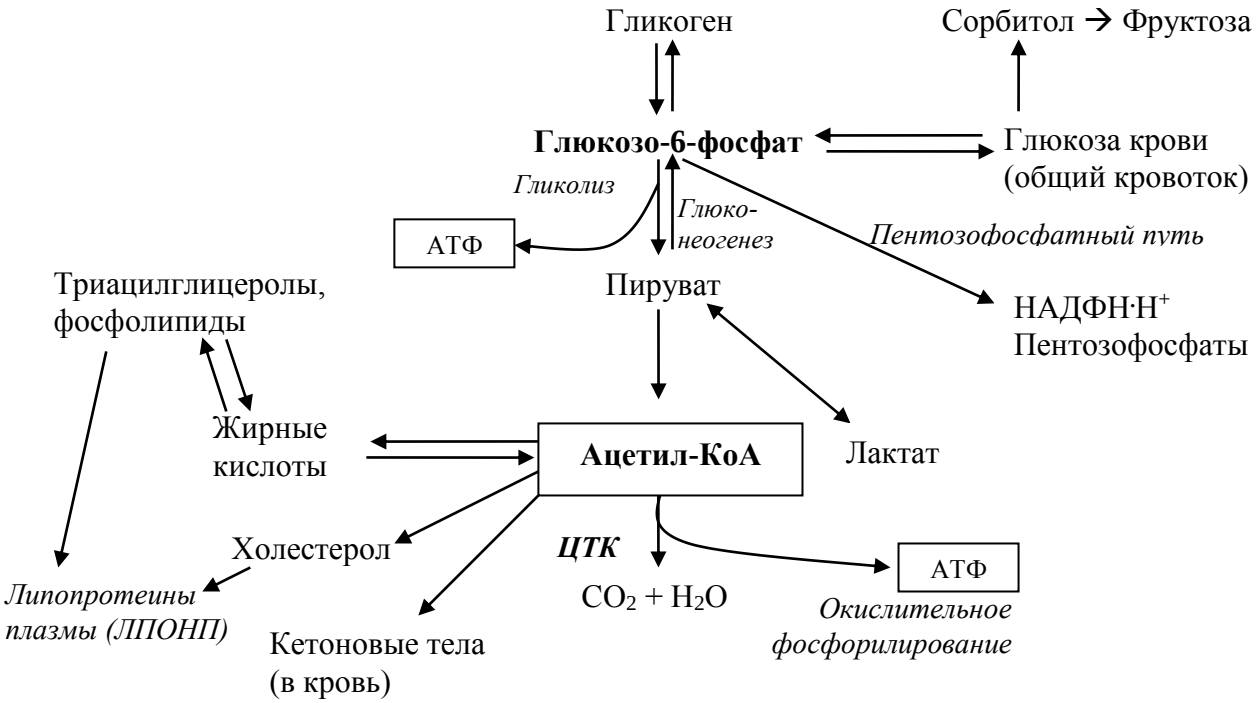
1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 713–742, 747–756.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 301–306, 607–612.
3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 403–429.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.
2. *Биохимия* человека / Р. Мари [и др.]. Москва : Мир, 1993. 384 с.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Систематизируйте знания об интеграции путей метаболизма в печени. Рассмотрите рисунок «Пути превращения углеводов и липидов в печени».



Пути превращения углеводов и липидов в печени

1.1. Обратите внимание на то, что большая часть потребленной свободной глюкозы в печени фосфорилируется с образованием глюкозо-6-фосфата. Метаболизм этого соединения может осуществляться по пяти основным направлениям, выбор которых зависит от соотношения между потребностями организма и количеством поступивших с пищей углеводов.

1.2. Печень поддерживает постоянный уровень глюкозы в крови при голодании за счет активации гликогенолиза и глюконеогенеза, а при избыточном ее поступлении из кишечника глюкоза депонируется в виде гликогена и липидов.

1.3. Запомните, что обратимость превращения лактата в пируват (направление реакции) зависит от соотношения $НАДН{\cdot}Н^+/НАД^+$.

1.4. Запомните, что жирные кислоты — основной субстрат энергетического метаболизма в печени и предшественники в биосинтезе холестерола, кетоновых тел, липидной части липопротеинов плазмы крови.

1.5. Этанол окисляется, главным образом, в печени, где при участии НАД-зависимых дегидрогеназ, последовательно превращаясь в уксусный альдегид и уксусную кислоту, приводит к увеличению отношения $НАДН{\cdot}Н^+/НАД^+$. Объясните, почему при алкогольном токсикозе наблюдается гиперлактатемия и гипогликемия. Напишите реакции, подтверждающие указанные явления:

1.6. Объясните:

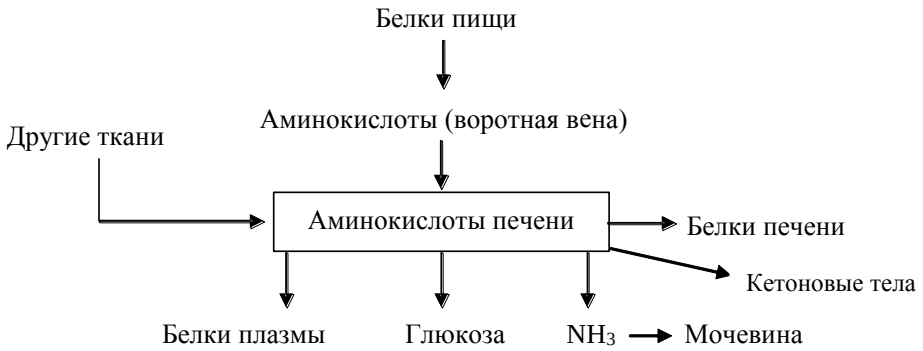
а) почему уже через три часа после удаления печени у животных развивается гипогликемия и наступает смерть, если ежечасно не вводить глюкозу;

б) почему введение галактозы, лактата или пирувата в этих условиях не эффективно.

1.7. Укажите продукты липидного обмена, синтезирующиеся преимущественно в печени:

А. Холестерол.
Б. ТАГ.
В. Фосфолипиды.
Г. Кетоновые тела.
Д. Хиломикроны.
Е. ЛПВП.
Ж. Свободный билирубин.
З. ЛПОНП.

Задание 2. Рассмотрите схему, приведенную ниже. Запомните, что аминокислоты, всосавшиеся в кишечнике и поступившие затем в печень, имеют несколько основных путей метаболизма.



2.1. У больного с алкогольным циррозом печени наблюдается сильная отечность. С нарушением синтеза каких веществ в печени связано это состояние?

А. Мочевины.
Б. Альбуминов.
В. Холестерола.
Г. Гаптоглобина.
Д. Фибриногена.

2.2. В организме здорового человека железо депонируется в печени, селезенке, костном мозге. В составе какого белка происходит его депонирование?

А. Ферритина.
Б. Трансферрина.
В. Апоферритина.
Г. Плазмина.
Д. Церулоплазмина.

Задание 3. Усвойте механизмы обезвреживания веществ в печени.

3.1. Имейте представление об основах функционирования микросомной системы окисления как пути метаболизма эндогенных и чужеродных соединений:

$$SH_2 \rightarrow НАДФН{\cdot}H^+ \rightarrow Флавопротеин \rightarrow цитохром P_{450} \begin{cases} RH, O_2 \\ ROH, H_2O. \end{cases}$$

Таким способом гидроксилируются стероиды в процессе образования гормонов коры надпочечников, ряд лекарственных препаратов и других ксенобиотиков.

В результате гидроксилирования уменьшается токсичность и повышается растворимость ксенобиотиков, что способствует выведению их из организма. Многие лекарственные вещества, например, фенобарбитал, способны индуцировать синтез микросомных ферментов и цитохрома P_{450}.

3.2. Запомните, что конъюгационная фаза необходима для образования малотоксичных и легковыводимых продуктов метаболизма лекарств и может протекать как самостоятельный этап обезвреживания.

3.3. Для исследования обезвреживающей функции печени пациенту назначена проба Квика. После приема бензоата натрия уровень гиппуровой кислоты в моче обследуемого повысился, что свидетельствует о нормальной детоксикационной функции печени. Какое вещество принимает участие в обезвреживании этой соли?

А. ФАФС.
Б. Церулоплазмин.
В. УДФ-глюкуроновая кислота.
Г. Таурин.
Д. Глицин.

3.4. У больного инфекционным гепатитом произошло обесцвечивание кала. С отсутствием в кишечнике какого продукта распада билирубина это связано?

А. Копропорфирина.
Б. Стеркобилина.
В. Биливердина.
Г. Вердоглобина.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Для предотвращения развития гипербилирубинемии у новорожденного вследствие несовпадения у матери и ребенка резус-фактора беременной перед родами рекомендован фенобарбитал. Выберите ответ, объясняющий, с какой целью в данном случае был назначен этот препарат:

А. В качестве снотворного средства.
Б. Для инактивации компонентов микросомного окисления.
В. Для снижения растворимости билирубина.
Г. Как индуктора синтеза печеночных ферментов детоксикации.
Д. В качестве липотропного средства.

Задание 2. При лабораторном обследовании больного желтухой получены следующие данные: общее содержание в сыворотке крови билирубина — 60 мкмоль/л, прямого билирубина — 43 мкмоль/л, в моче определяется прямой билирубин и отсутствуют уробилин и стеркобилин. Какой вид желтухи у данного больного?

А. Паренхиматозная. Б. Гемолитическая. В. Обтурационная.

Задание 3. Для оценки функционального состояния печени у больного исследована экскреция животного индикана. Индикан образуется в результате обезвреживания в печени индоксила — продукта гниения аминокислоты триптофана в толстом кишечнике. Какое вещество участвует в обезвреживании этого токсического соединения?

А. ФАФС.
Б. УДФ-глюкуроновая кислота.
В. Глицин.
Г. Церулоплазмин.
Д. Таурин.

Задание 4. Методом дифференциального центрифугирования клеток печени была получена микросомная фракция. Микросомное окисление — это способ обезвреживания токсических веществ в печени. Выберите компонент этой цепи окисления:

А. Цитохром a_3.
Б. Цитохром с.
В. Цитохром b.
Г. Цитохром p_{450}.
Д. Цитохром c_1.

Задание 5. Больному с жировой инфильтрацией печени назначена растительно-молоч-ная диета. Дефицит каких липотропных веществ восполняют рекомендованные продукты?

А. Ненасыщенных жирных кислот.
Б. Насыщенных жирных кислот.
В. Креатина.
Г. Метионина.
Д. Серотонина.
Е. Кальцитонина.

Ситуационная задача.

Гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП), или гамма-глутамитрансфераза, относится к «ранним» маркерам повреждения гепатоцитов (у алкоголиков, при приеме фенобарбитала). Увеличение концентрации данного фермента указывает на неглубокие деструктивные процессы в гепатоцитах, потому что данный фермент локализован на мембране гепатоцитов.

Назовите функцию данного фермента гепатоцитов в обмене аминокислот?

Какие еще индикаторные ферменты Вы знаете?

Увеличение концентрации каких ферментов будет указывать на более глубокие повреждения гепатоцитов? Почему?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1.1 — В; 1.2 — А. 2 — Б. 3. 3.1 — В, Г; 3.2 — А, Б.

***Для самостоятельной работы*:**

1.5 — пируват + $НАДН{\cdot}Н^+ \leftrightarrow$ лактат + $НАД^+$. При приеме алкоголя отмечается гипоглюкоземия, потому что в этих условиях в клетках печени снижается концентрация пирувата, что приводит к снижению скорости глюконеогенеза, являющегося важным источником глюкозы крови.

1.7 — А, Б, В, Г, Е, 3. 2.1 — Б; 2.2 — А. 3.3 — Д; 3.4 — Б.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Исследование коллоидоустойчивости белков сыворотки крови.

Проба Вельтмана в модификации Тейля.

Принцип метода. Реакция основана на том, что белки сыворотки крови при добавлении раствора хлористого кальция определенной концентрации и последующем нагревании выпадают в виде хлопьев в осадок (происходит нарушение коллоидной устойчивости).

Ход работы. К 4,9 мл воды прибавляют 0,1 мл сыворотки крови, содержимое пробирки перемешивают путем ее опрокидывания (при этом пробирку

можно закрывать большим пальцем) и затем приливают 0,1 мл 0,5 % раствора хлористого кальция (из пипетки на 1,0 мл или капельницы, если объем каждой капли соответствует 0,05 мл). Содержимое пробирки встряхивают и нагревают над пламенем спиртовки до однократного вскипания смеси. Затем пробирку охлаждают и смотрят через нее на свет. Если хлопья в пробирке не обнаруживаются, то в нее добавляют еще 0,1 мл $CaCI_2$ и раствор вновь нагревают до кипения. Процедуру повторяют до выпадения хлопьевидного осадка. Записывают общий объем $CaC1_2$ (в мл), добавленный в пробирку.

Примечание. Сыворотка для исследования должна быть свежей (хранящейся не более 24 часов от момента взятия), без следов гемолиза.

Клинико-диагностическое значение. Реакция коагуляции с хлористым кальцием
(по Вельтману) может изменяться в двух направлениях: в сторону укорочения коагуляционной ленты или ее удлинения (см. схему).

$CaCI_2$ (мл) 1,0 0,9 0,8 **0,6 0,5 0,4** 0,35 0,3 0,2 0,1
0,7 Норма Расширение (сдвиг вправо)
Сужение (сдвиг влево) Удлинение
Укорочение
←——————————— ———————————→
Экссудаты, некрозы, опухоли Фиброзы, повреждения печени, гемолиз

Главные причины, которые ведут к удлинению полосы (коагуляция, наступающая при добавлении менее 0,4 мл $CaCI_2$), — это фиброзные и пролиферативные процессы, повреждения паренхимы печени и гемолитические состояния. Сдвиг вправо отмечается при болезни Боткина, циррозах, острой желтой атрофии печени, малярии, после переливания крови, аутогемотерапии и при многих воспалительных заболеваниях. Считают, что удлинение коагуляционной полосы обусловлено повышением содержания γ-глобулинов, снижающих стабильность сыворотки.

Укорочение коагуляционной полосы (коагуляция, наступающая при добавлении более 0,6 мл $CaCI_2$) обнаруживается при острых воспалительных и экссудативных процессах. В этих случаях увеличивается количество α- и β-глобулинов и за счет этого повышается стабильность сыворотки (экссудативная фаза ревматизма, активный процесс туберкулеза легких, нефрозы, макроглобулинемия Вальденстрема, α_2-, β-плазмоцитомы, злокачественные опухоли, экссудативный перитонит, некрозы, большие потери жидкости, острые инфекционные заболевания). Крайнее укорочение коагуляционной ленты (отрицательная проба) наблюдается при остром ревматизме.

Результат: V_{CaCl2} =

Вывод:

Работа 2. Определение содержания общего билирубина в сыворотке крови.

Принцип метода. Диазореактив образует с растворимым билирубином азобилирубин, окрашенный в розовый цвет. Интенсивность окраски раствора азобилирубина пропорциональна концентрации билирубина и может быть определена колориметрически. Конъюгированный (прямой) билирубин дает прямую реакцию с диазореактивом. Неконъюгированный (непрямой) билирубин можно перевести в растворимое состояние добавлением к сыворотке крови этилового спирта.

Ход работы. В центрифужную пробирку отмеривают 1 мл сыворотки крови, 2 мл этилового спирта, тщательно перемешивают содержимое стеклянной палочкой и центрифугируют 15 мин при скорости 3000 об/мин. Затем сливают надосадочную жидкость в другую пробирку и добавляют к ней 0,25 мл диазореактива. При этом появляется красно-розовое окрашивание, интенсивность которого определяют через 10 минут, измеряя оптическую плотность пробы против воды в кювете шириной 5 мм при зеленом светофильтре (длина волны 500–560 нм). Параллельно колориметрируют стандартный раствор азобилирубина, соответствующий концентрации билирубина 6,84 мкмоль/л ($С_{ст}$).

Расчет производят по формуле:

$$С_{оп}\,(\text{мкмоль/л}) = E_{оп} \cdot С_{ст} / E_{ст}.$$

В норме концентрация общего билирубина в плазме (сыворотке) крови составляет 8,55–20,52 мкмоль/л. 75 % его количества приходится на долю непрямого билирубина.

Результат: Еоп = Ест =

Расчет:

Клинико-диагностическое значение. Один из важных признаков нарушения пигментного обмена — появление желтухи, которое отмечается обычно при уровне билирубина в крови 27–34 мкмоль/л и более. Кровь новорожденных, особенно недоношенных детей, отличается более высоким содержанием билирубина (физиологическая желтуха). Наблюдаемое со 2–3-го до 7–10-го дня жизни увеличение концентрации билирубина, в основном за счет непрямого, связано с функциональной недостаточностью печени, в частности, малой активностью фермента УДФ-глюкуронилтрансферазы, необходимого для образования прямого билирубина.

Гемолитическая желтуха (надпеченочная) — *усиление гемолиза эритроцитов,* что приводит к усиленному образованию неконъюгированного билирубина, так как печень не успевает его связывать.

Паренхиматозная желтуха (печеночная) — *нарушение функции печеночных клеток.* Может быть вызвана также наследственно обусловленными дефектами в процессах транспорта билирубина и образования диглюкуронида билирубина.

Механическая желтуха (обтурационная, подпеченочная) — *задержка оттока желчи.* Возникает при переполнении желчных путей вследствие закупорки, разрыва их и последующего перехода желчи в кровь.

Тяжесть желтухи обычно соответствует уровню билирубинемии. Принято считать, что желтуха протекает в легкой форме, если содержание билирубина в плазме (сыворотке) не превышает 85 мкмоль/л; уровень его 86–169 мкмоль/л свидетельствует о среднетяжелой, а свыше 170 мкмоль/л — о тяжелой форме желтухи.

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 25
ИНТЕГРАЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА. ВЛИЯНИЕ ГОРМОНОВ НА УРОВЕНЬ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ

Актуальность темы. Обмен веществ в организме человека протекает не хаотично, а строго интегрирован и «тонко настроен». Все превращения органических веществ, процессы анаболизма и катаболизма тесно связаны друг с другом. В человеческом организме, как и в живой природе вообще, не существует самостоятельного обмена белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот. Все превращения объединены в единый процесс метаболизма, подчиняющийся диалектическим закономерностям взаимозависимости и взаимообусловленности. Способность организма животных к поддержанию постоянства состава внутренней среды организма осуществляется за счет интеграции метаболических путей и является одним из наиболее существенных достижений эволюции. Изменение интегративных связей нарушает сбалансированную продукцию энергии, пластического материала и служит основой развития заболеваний.

Цель занятия: понять принципы и механизмы взаимодействия различных метаболических путей для обеспечения жизнедеятельности и адаптации организма.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *биологической химии*:

– метаболические пути обмена углеводов, липидов и белков.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Назовите метаболит гликолиза, используемый для синтеза глицерола:

А. Фосфодиоксиацетон.
Б. Ацетил-КоА.
В. Пировиноградная кислота.
Г. Щавелевоуксусная кислота.
Д. β-Гидроксимасляная кислота.

Задание 2. Для образования глюкозы во время голодания клетки печени используют:

А. Жирные кислоты.
Б. Аминокислоты.
В. Ацетоацетат.
Г. β-Гидроксибутират.
Д. Ацетил-КоА.

Задание 3. Что (1, 2, 3, 4) из чего (А, Б, В, Г) может синтезироваться? Подберите соответствующие пары:

1. Аминокислоты заменимые	А. Аминокислоты заменимые
2. Аминокислоты незаменимые	Б. Аминокислоты незаменимые
3. Глюкоза	В. Глюкоза
4. Жирные кислоты	Г. Жирные кислоты

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Необходимость интеграции метаболизма, ее принципиальные составляющие. Механизмы регуляции метаболизма.
2. Особенности метаболизма в печени, жировой и мышечной тканях в состоянии после приема пищи и натощак.
3. Межорганный метаболизм в динамике голодания.
4. Основные метаболические пути обмена углеводов, белков, липидов (схемы реакций, ключевые ферменты, регуляция).

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 566–611.
2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 661–676.
3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 321–331.
4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Биохимия* человека / Р. Мари [и др.]. Москва : Мир, 1993. 384 с.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для усвоения материала необходимо обратить внимание на то, что:

– благодаря интеграции метаболизма (а не отдельным метаболическим путям) организм снабжается энергией и пластическим материалом за счет постоянного обновления его участников на уровне ключевых метаболитов, коферментов;

– важной составляющей взаимодействия метаболических путей является наличие сходных механизмов регуляции. Через эти механизмы реализуют свое действие гормоны и другие биологически активные соединения;

– центральным органом в интеграции метаболизма является печень, благодаря которой в крови поддерживается необходимый уровень веществ для использования их мозгом, мышцами и другими тканями.

Задание 1. Выберите правильный ответ: в мышцах после приема пищи:

А. Глюкоза используется для синтеза гликогена.

Б. Основной источник энергии — жирные кислоты.

В. α-Кетокислоты, образующиеся из аминокислот с разветвленной цепью, окисляются в цикле Кребса.

Г. Гликоген подвергается фосфоролизу.

Д. Образуются кетоновые тела.

Задание 2. Выберите правильный ответ: в печени натощак:

А. Активируется глюконеогенез.

Б. Усиленно окисляются жирные кислоты.

В. Активно синтезируется гликоген.

Г. Образуются кетоновые тела.

Д. Глюкоза высвобождается в кровь.

Задание 3. Какое из нижеследующих выражений относительно синтеза и использования гликогена правильное?

А. Действие адреналина и глюкагона направлено на увеличение активности гликогенфосфорилазы.

Б. В состоянии натощак интенсивность расщепления гликогена соизмерима с интенсивностью его синтеза.

В. Дефосфорилирование гликогенсинтазы под влиянием инсулина ведет к увеличению активности этого фермента.

Г. цАМФ — вторичный посредник, который образуется в ответ на действие адреналина и глюкагона в печени.

Д. Фосфорилирование гликогенфосфорилазы под влиянием глюкагона приводит к увеличению активности этого фермента.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Укажите верные выражения:

А. При максимальном мышечном напряжении пируват восстанавливается в лактат.

Б. В норме в мышцах некоторое количество глюкозы подвергается анаэробному гликолизу, поэтому всегда имеется некоторое количество лактата, используемого для глюконеогенеза.

В. Для глюконеогенеза из лактата требуется больше АТФ, чем образуется во время анаэробного гликолиза.

Задание 2. Каковы последствия увеличения количества свободных жирных кислот в печени?

А. Увеличится интенсивность β-окисления.

Б. Увеличится интенсивность гликолиза.

В. Снизится активность пируватдегидрогеназы.

Г. Снизится интенсивность синтеза жирных кислот.

Д. Увеличится интенсивность образования кетоновых тел.

Задание 3. Укажите правильное выражение:

А. β-Гидроксибутират является важным метаболическим источником энергии для эритроцитов в состоянии натощак.

Б. Ацетоацетат является важным метаболическим источником энергии для клеток мозга в состоянии натощак.

В. Кетоновые тела являются важным источником энергии для скелетных мышц в состоянии натощак.

Г. Кетоновые тела являются основным источником энергии для печени в состоянии натощак.

Д. Кетоновые тела являются важным субстратом для глюконеогенеза в состоянии натощак.

Задание 4. Подберите соответствующие пары:

4.1. Через 12 часов голодания:

1. Печень.	А. Использует глюкозу в качестве источника энергии.
2. Мышцы.	Б. Использует кетоновые тела в качестве источника энергии.
3. Мозг.	В. Использует жирные кислоты в качестве источника энергии.
4. Почки.	Г. Активируются ферменты глюконеогенеза.

4.2. Через трое суток голодания:

1. Печень.	А. Использует глюкозу в качестве источника энергии.
2. Мышцы.	Б. Использует кетоновые тела в качестве источника энергии.

3. Мозг.	В. Использует жирные кислоты в качестве источника энергии.
4. Почки.	Г. Активируются ферменты глюконеогенеза.

4.3. Через три недели голодания:

1. Печень.	А. Использует глюкозу в качестве источника энергии.
2. Мышцы.	Б. Использует кетоновые тела в качестве источника энергии.
3. Мозг.	В. Использует жирные кислоты в качестве источника энергии.
4. Почки.	Г. Активируются ферменты глюконеогенеза.

Ситуационная задача.

Девочка, 3 года, поступила в клинику с жалобами на жажду, учащенное мочеиспускание, слабость, рвоту. Респираторная вирусная инфекция была перенесена около 3 недель назад. При осмотре: девочка вялая, заторможенная, глаза закрыты, на вопросы не отвечает. Запах ацетона изо рта. В крови концентрация глюкозы — 20 ммоль/л, в моче глюкоза — 9 ммоль/л, реакция на ацетон положительная.

Какой диагноз можно предположить у пациентки?

С недостатком какого гормона связано состояние пациента?

Какое влияние на метаболизм углеводов, липидов и белков оказывает данный гормон?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — А. 2 — Б. 3 (1 – А, Б, В; 3 – А, Б; 4 – А, Б, В, Г).

***Для самостоятельной работы*:**

1 — А, Б, В. 2 — А, Б, Г, Д. 3 — А, В, Г, Д.

Лабораторная работа (60 минут)

Изучение влияния гормонов на уровень глюкозы в крови.

Для изучения влияния гормонов на уровень глюкозы в крови предлагаются три пробы крови (опытные). Одна из них взята до введения гормонов, другая — после введения инсулина, а третья — после введения адреналина.

1. Определите содержание глюкозы в каждой из проб.

2. На основании полученных результатов сделайте вывод, какая из проб соответствует приведенным выше состояниям.

Определение концентрации глюкозы в пробах проводят **ферментативным (глюкозооксидазным) методом**. Параллельно ставят опытные и стандартную пробы.

***Ход работы*:** см. Инструкцию к практическому занятию № 11 «Определение глюкозы в крови ферментативным методом». Контрольную пробу можно готовить одну на группу.

Расчет концентрации глюкозы производят по формуле:

$$C_{оп}\ (ммоль/л) = E_{оп} \cdot C_{ст}\ (5{,}5\ ммоль/л) / E_{ст}$$

Результаты:

Проба	Оптическая плотность (Е)	Концентрация глюкозы (ммоль/л)
1		
2		
3		
Стандарт		5,55

Нормальные величины концентрации глюкозы в плазме и сыворотке крови — 3,9–6,1 ммоль/л, в спинномозговой жидкости — около 2,78–3,89 ммоль/л.

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 26
КОЛЛОКВИУМ ПО ТЕМАМ «ГОРМОНЫ, БИОХИМИЯ ПЕЧЕНИ», «ИНТЕГРАЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА»

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Свойства гормонов. Особенности биологического действия. При ответе на вопрос необходимо приводить примеры гормонов, реализующих свое действие через различные рецепторы.
2. Рецепторы к гормонам, классификация, строение рецепторов.
3. G-белки, их виды и роль в механизме действия гормонов, связывающихся с мембранными рецепторами. Патологическое функционирование G-белков.
4. Перечислить эффекторные системы и вторичные посредники проведения гормонального сигнала в клетку. Механизмы образования вторичных посредников.
5. Роль кальция в механизме передачи гормонального сигнала.
6. Растворимая и мембраносвязанная гуанилатциклазы, механизм активации, реализация эффекта.
7. Механизмы усиления гормонального сигнала в клетке.
8. Гормоны — белки: простые и сложные. Место образования, пример молекулярного действия.
9. Гормоны — производные аминокислот. Место образования, механизмы передачи гормонального сигнала в клетке.
10. Общие принципы синтеза гормонов белково-пептидной природы.

11. Общие принципы синтеза гормонов стероидной природы.

12. Вазопрессин, химическая природа, механизмы передачи гормонального сигнала в клетке, эффекты. Несахарный диабет.

13. Гормон роста, рецептор соматотропина, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, органы-мишени, влияние на метаболизм. Избыток и недостаточнось гормона.

14. Йодсодержащие гормоны щитовидной железы. Химическая природа, особенности синтеза, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм. Гипо- и гипертиреоз.

15. Глюкагон. Химическая природа, место синтеза, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм.

16. Гормоны мозгового вещества надпочечников. Химическая природа, схема синтеза, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм. Феохромоцитома.

17. Гормоны коры надпочечников: глюко- и минералокортикоиды. Химическая природа, особенности строения рецепторов, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм.Синдромы Кушинга, Конна, болезнь Аддисона («бронзовая болезнь»).

18. Инсулин. Химическая природа, особенности синтеза, строение инсулинового рецептора, механизмы передачи гормонального сигнала. Влияние на метаболизм углеводов, липидов, белков.

19. Сахарный диабет. Виды, причины. Нарушения обмена углеводов, липидов, белков. Биохимическая диагностика сахарного диабета. Построение сахарных кривых.

20. Сахарный диабет: механизм кетонемии и нарушение реакций глизозилирования. Метаболизм глюкозы в инсулиннезависимых тканях. Восстановительный путь обмена глюкозы, его роль в норме и при сахарном диабете.

21. Печень как главный орган гомеостаза. Функции печени.

22. Роль печени в обмене углеводов. Необходимо знать схемы основных путей обмена углеводов, ключевые ферменты этих процессов и их регуляторы, а также уметь объяснить значение пентозофосфатного и глюкуронового путей метаболизма глюкозы. Механизм развития гиперлактатемии и гипогликемии при алкогольной интоксикации.

23. Роль печени в обмене белков. Необходимо знать реакции превращения аминокислот по аминогруппе, пути образования заменимых аминокислот, способы обезвреживания продуктов гниения белков и аммиака. Уметь привести примеры схем включения углеродного скелета аминокислот в цикл Кребса.

24. Роль печени в обмене липидов. Необходимо знать схемы основных путей обмена липидов. Механизмы развития жировой инфильтрации печени (в том числе при алкоголизме). Липотропные факторы.

25. Уметь объяснить центральную роль ацетил-КоА в обмене липидов. Необходимо знать схему образования кетоновых тел и реакции, с которых начинаются синтез жирных кислот и синтез холестерола.

26. Антитоксическая функция печени. Обезвреживание в печени токсичных веществ, нормальных метаболитов, лекарственных препаратов. Уметь привести примеры реакций окисления, коньюгации, синтеза. Необходимо знать схему процесса окисления веществ в системе цитохрома P_{450} и реакции окисления этанола и ацетальдегида в клетках печени.

27. Роль печени в пигментном обмене. Распад гемоглобина в клетках РЭС. Метаболизм желчных пигментов.

28. Желтухи. Причины возникновения, механизмы развития патологических изменений. Лабораторная диагностика.

29. Биохимические методы диагностики заболеваний печени. Какие ферменты являются специфичными для гепатоцитов? Какие из них позволяют судить о глубине поражения органа?

30. Метаболические процессы использования углеводов, жиров и белков в качестве источников энергии (гликогенолиз, дихотомическое расщепление глюкозы и последующее окисление ПВК, мобилизация жира из депо и β-окисление жирных кислот).

31. Метаболические процессы депонирования углеводов и липидов пищи. Необходимо знать схему синтеза гликогена, схемы ресинтеза и синтеза триацилглицеролов, фосфолипидов. Знать отличие синтеза триациглицеролов в печени и жировой ткани.

32. Необходимость интеграции метаболизма, ее принципиальные составляющие. Механизмы регуляции метаболизма.

33. Регуляция и направленность метаболических процессов в печени, жировой и мышечной тканях после приема пищи и натощак.

34. Межорганный метаболизм в различные периоды голодания. Механизм гиперпродукции кетоновых тел.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму для студентов МФИУ:

1. Свойства гормонов. Особенности биологического действия. Классификация гормонов. Примеры гормонов, реализующих свое действие через различные рецепторы.

2. Рецепторы к гормонам, классификация, строение рецепторов.

3. G-белки, их виды и роль в механизме действия гормонов, связывающихся с мембранными рецепторами.

4. Эффекторные системы и вторичные посредники проведения гормонального сигнала в клетку. Механизмы образования вторичных посредников. Роль кальция в механизме передачи гормонального сигнала.

5. Растворимая и мембраносвязанная гуанилатциклазы, механизм активации, реализация эффекта.

6. Гормоны — белки: простые и сложные. Место образования, пример молекулярного действия.

7. Гормоны — производные аминокислот. Место образования, механизмы передачи гормонального сигнала в клетке.

8. Общие принципы синтеза гормонов белково-пептидной природы.

9. Общие принципы синтеза гормонов стероидной природы.

10. Вазопрессин, химическая природа, механизмы передачи гормонального сигнала в клетке, эффекты. Несахарный диабет.

11. Гормон роста, рецептор соматотропина, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, органы-мишени, влияние на метаболизм. Избыток и недостаточнось гормона.

12. Йодсодержащие гормоны щитовидной железы. Химическая природа, особенности синтеза, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм. Гипо- и гипертиреоз.

13. Глюкагон. Химическая природа, место синтеза, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм.

14. Гормоны мозгового вещества надпочечников. Химическая природа, схема синтеза, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм. Феохромоцитома.

15. Гормоны коры надпочечников: глюко- и минералокортикоиды. Химическая природа, особенности строения рецепторов, механизм передачи гормонального сигнала в клетке, влияние на метаболизм.Синдромы Кушинга, Конна, болезнь Аддисона(«бронзовая болезнь»).

16. Инсулин. Химическая природа, особенности синтеза, строение инсулинового рецептора, механизмы передачи гормонального сигнала. Влияние на метаболизм углеводов, липидов, белков.

17. Сахарный диабет. Виды, причины. Нарушения обмена углеводов, липидов, белков. Биохимическая диагностика сахарного диабета. Построение сахарных кривых.

18. Сахарный диабет: механизм кетонемии и нарушение реакций глизозилирования. Метаболизм глюкозы в инсулиннезависимых тканях. Восстановительный путь обмена глюкозы.

19. Печень как главный орган гомеостаза. Функции печени.

20. Роль печени в обмене углеводов. Необходимо знать схемы основных путей обмена углеводов, ключевые ферменты этих процессов и их регуляторы, а также уметь объяснить значение пентозофосфатного и глюкуронового путей метаболизма глюкозы.

21. Роль печени в обмене белков. Необходимо знать реакции превращения аминокислот по аминогруппе, пути образования заменимых аминокислот, способы обезвреживания продуктов гниения белков и аммиака.

22. Роль печени в обмене липидов. Необходимо знать схемы основных путей обмена липидов. Механизмы развития жировой инфильтрации печени (в том числе при алкоголизме). Липотропные факторы.

23. Центральная роль ацетил-КоА в обмене липидов. Схема образования кетоновых тел и реакции, с которых начинаются синтез жирных кислот и синтез холестерола.

24. Антитоксическая функция печени. Обезвреживание в печени токсичных веществ, нормальных метаболитов, лекарственных препаратов. Микросомальное окисление и окисление этанола и ацетальдегида в печени.

25. Роль печени в пигментном обмене. Распад гемоглобина. Метаболизм желчных пигментов.

26. Желтухи. Причины возникновения, механизмы развития патологических изменений. Лабораторная диагностика.

27. Биохимические методы диагностики заболеваний печени. Какие ферменты являются специфичными для гепатоцитов?

28. Метаболические процессы использования углеводов, жиров и белков в качестве источников энергии (гликогенолиз, дихотомическое расщепление глюкозы и последующее окисление ПВК, мобилизация жира из депо и β-окисление жирных кислот).

29. Метаболические процессы депонирования углеводов и липидов пищи. Схема синтеза гликогена, схемы ресинтеза и синтеза триацилглицеролов, фосфолипидов. Знать отличие синтеза триациглицеролов в печени и жировой ткани.

30. Интеграция метаболизма, ее принципиальные составляющие. Механизмы регуляции метаболизма.

31. Регуляция и направленность метаболических процессов в печени, жировой и мышечной тканях после приема пищи и натощак.

32. Межорганный метаболизм в различные периоды голодания. Механизм гиперпродукции кетоновых тел.

БИОХИМИЯ КРОВИ

Занятие 27
БЕЛКИ КРОВИ. ДЫХАТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ КРОВИ. ГЕМОГЛОБИНОЗЫ. РАЗДЕЛЕНИЕ БЕЛКОВ СЫВОРОТКИ КРОВИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА НА АЦЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЕ

Актуальность темы. Химический состав крови в определенной степени отражает состояние обмена веществ в организме. Различные заболевания сопровождаются изменением содержания в крови тех или иных веществ, в том числе белков (ферментов). Биохимический анализ белков и ферментов плазмы крови крови проводится с целью диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний, установления прогноза болезни и оценки эффективности проводимого лечения. Наряду с определением общего белка плазмы крови важное диагностическое значение имеет выяснение количественных взаимоотношений между отдельными фракциями белков. На занятии студенты знакомятся с электрофоретическим разделением белков сыворотки крови, проводят количественную оценку протеинограмм.

Одной из важнейших функций крови является ее дыхательная функция. Студенты рассматривают основные белки крови, их происхождение, структуру, механизмы транспорта кислорода и углекислого газа. Аномальные гемоглобины — одна из причин гипоксии.

Цель занятия: закрепить знания о происхождении белков и ферментов плазмы крови, особенностях метаболизма в эритроцитах, строении и функционировании гемоглобина, транспорте газов кровью; ознакомиться с принципами исследования белкового состава крови, понять диагностическое значение определения количественного соотношения белковых фракций сыворотки крови.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *нормальной физиологии*:
  - гемоглобин (функции, производные и аномальные формы);
- *биологической химии*:
  - структурная организация белков, классификация белков;
  - особенности метаболизма эритроцитов;
  - пути использования O_2 в клетках; пути образования CO_2 в клетках

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Недостаточность каких ферментов эритроцитов сопровождается их гемолизом?

А. Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы.
Б. Пируваткиназы.
В. Пируватдегидрогеназы.
Г. Изоцитратдегидрогеназы.
Д. Аргиназы.

Задание 2. В крови новорожденного с четко выраженной синюшностью носогубного треугольника обнаружен повышенный уровень аномального гемоглобина с валентностью железа 3^+. Как называется этот аномальный гемоглобин?

А. Метгемоглобин.
Б. Карбоксигемоглобин.
В. Оксигемоглобин.
Г. Карбгемоглобин.
Д. Гемоглобин S.

Задание 3. В схеме метаболизма эритроцитов укажите:

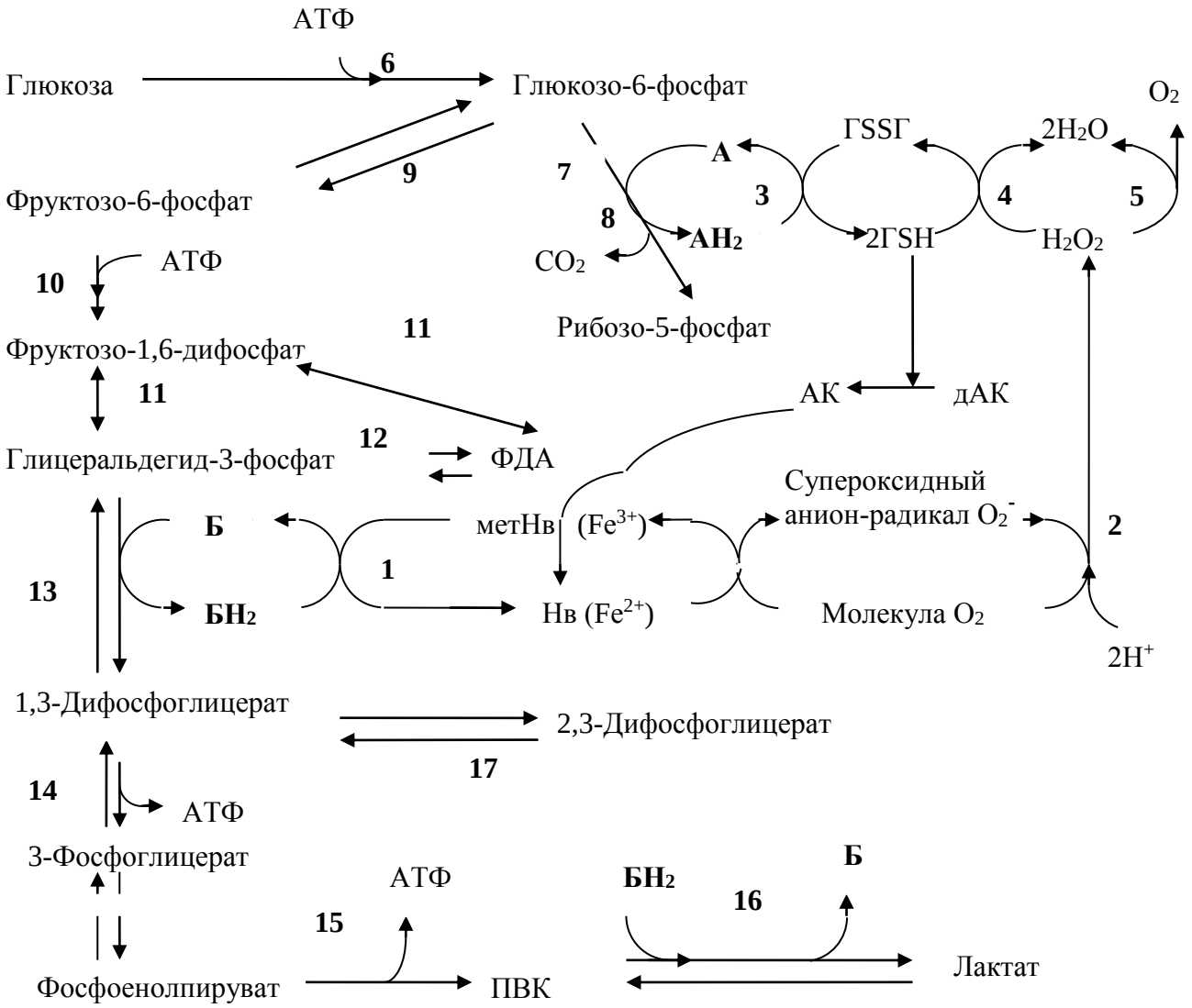
А. Ферменты, обозначенные цифрами 1, 2 и т. д. (*варианты ответов*: 6-фосфо-фруктокиназа, гексокиназа, пируваткиназа, альдолаза А, глутатионпероксидаза, глутатионредуктаза, триозофосфатизомераза, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа, дифосфоглицератмутаза, 6-фосфоглюконатдегидрогеназа, фосфогексоизомераза, фосфоглицераткиназа, глицеральдегидфосфатдегидрогеназа, каталаза, супероксиддисмутаза, лактатдегидрогеназа, метгемоглобинредуктаза).

Б. Коферменты, обозначенные буквами А, Б (*варианты ответов*: $НАД^+$, $НАДФ^+$).

В. Реакции, обеспечивающие эритроциты АТФ.

Г. Процесс, обеспечивающий эритроциты $НАДФН{\cdot}Н^+$. Д. Ферменты антиоксидантной защиты.

Е. Аллостерический регулятор, снижающий сродство гемоглобина к кислороду.



Метаболизм эритроцитов.
АК — аскорбиновая кислота, дАК — дегидроаскорбиновая кислота,
А, **Б** — коферменты; **AH_2**, **$БH_2$** — восстановленные коферменты.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Белки плазмы крови. Основные белковые фракции: альбумин, глобулины, фибриноген (содержание, функции); альбумин-глобулиновый коэффициент и его диагностическое значение. Биологическая роль и диагностическое значение некоторых белков плазмы крови (гаптоглобин, трансферрин, церулоплазмин, ингибиторы трипсина, С-реактивный белок, интерферон, криоглобулины).

2. Ферменты плазмы крови (секреторные, индикаторные, экскреторные). Диагностическое значение определения активности ферментов плазмы крови.

3. Особенности метаболизма в эритроцитах. Строение гемоглобина, разновидности (нормальные и аномальные) и производные гемоглобина. Синтез гема. Гемоглобинозы, порфирии.

4. Дыхательная функция крови. Эритроциты как главный участник транспорта газов кровью (роль гемоглобина и карбангидразы). Обратимое связывание кислорода и углекислого газа как способ транспортировки (механизмы связывания CO_2 и O_2 с гемоглобином, кооперативное взаимодействие субъединиц гемоглобина, регуляция насыщения гемоглобина кислородом и диссоциации оксигемоглобина (pH, 2,3-дифосфоглицерат, температура)).

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 758–782.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 549–567.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 379–382, 395–401, 420–425.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Биохимия* человека : учеб. В 2 т. / Р. Марри [и др.] ; пер. с англ. Москва : Мир, 1993. Т. 1. С. 52–62.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Повторите и запомните биохимические константы крови (таблица).

Некоторые биохимические константы крови

Плотность крови (цельной)		1,05–1,06
pH		7,37–7,44
Осмотическое давление		7,6–8,1 атм
Онкотическое давление		0,03–0,04 атм
Глюкоза плазмы (сыворотки)		3,9–6,1 ммоль/л
Общие липиды		3,5–6,5 г/л
Триацилглицеролы		0,85–2,0 ммоль/л
Холестерол		3,9–6,2 ммоль/л
Общий белок сыворотки		65–85 г/л
Альбумин		35–50 г/л
Глобулины		20–35 г/л
Фибриноген		2–4 г/л
Остаточный азот плазмы (сыворотки)		14,3–25 ммоль/л
Мочевина плазмы (сыворотки)		2,5–8,3 ммоль/л
Аммиак крови		6–65 мкмоль/л
Мочевая кислота:	мужчины	0,20–0,42 ммоль/л
	женщины	0,12–0,34
Гемоглобин крови:	мужчины	130–170 г/л
	женщины	120–150 г/л
Билирубин плазмы (сыворотки):	общий	8,5–20,5 мкмоль/л
	прямой	2,2–5,1 мкмоль/л
	непрямой	1,7–17,1 мкмоль/л
Na^+ в плазме		130–150 ммоль/л
K^+ в плазме		3,5–5,6 ммоль/л
Ca^{2+} в плазме (общий)		2,2–2,7 ммоль/л

Поясните происхождение химических компонентов крови и их биологическую роль.

Задание 2. Назовите индикаторные ферменты крорви и поясните их диагностическое значение.

Задание 3. Знать и уметь объяснить механизмы транспорта газов кровью.

Задание 4.

4.1. Какие из приведенных утверждений характеризуют гемоглобин человека?

А. Гемоглобин взрослого человека представляет собой смесь, состоящую из гемоглобина А (96–98 %), гемоглобина A_2 (2–3 %) и гемоглобина F (0,2–1 %).

Б. Гемоглобин А содержит по две цепи α и β.

В. Гемоглобин A_2 содержит по две α- и две δ-цепи.

Г. Гемоглобин F содержит по две цепи α и γ.

Д. Эмбриональный гемоглобин (гемоглобин Р) включает в себя три фракции: гемоглобин Говер I ($\zeta_2\varepsilon_2$), гемоглобин Говер II ($\alpha_2\varepsilon_2$) и гемоглобин Портленд ($\zeta_2\gamma_2$).

4.2. Какие из следующих утверждений о структуре гемоглобина верны?

А. Молекула основного гемоглобина взрослого человека состоит из двух идентичных α-субъединиц и двух идентичных β-субъединиц.

Б. Субъединица (протомер) гемоглобина состоит из одной полипептидной цепи (глобина) и гема.

В. Гем — это комплекс протопорфирина со связанным в его центре атомом железа.

Г. Железо гемоглобина остается двухвалентным независимо от присоединения или отдачи кислорода.

Д. В молекуле гемоглобина имеются центры для связывания O_2, CO_2, протонов (H^+) и 2,3-дифосфоглицерата.

4.3. Какие из следующих утверждений о взаимодействии кислорода и гемоглобина верны?

А. Кислород связывается с молекулой гемоглобина кооперативно.

Б. Кислород связывается с железом гема гемоглобина.

В. Углекислый газ уменьшает сродство гемоглобина к кислороду.

Г. Сродство гемоглобина к кислороду увеличивается при понижении pH и наоборот.

Д. Окись углерода, цианиды конкурируют с кислородом за место связывания в геме гемоглобина.

4.4. Укажите **ошибочное** утверждение о 2,3-дифосфоглицерате (2,3-ДФГК):

А. Преобладающий органический фосфат в эритроцитах.

Б. Промежуточный продукт гликолитического пути.

В. В эритроцитах находится в концентрациях приблизительно эквивалентных гемоглобину.

Г. Молекула гемоглобина связывает четыре молекулы 2,3-ДФГК.

Д. Стабилизирует дезоксиформу гемоглобина, способствуя переходу кислорода в ткани.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Альбумины плазмы крови характеризуются:

А. Хорошей растворимостью в воде.

Б. Молекулярной массой около 70000 Да.

В. Содержат много дикарбоновых аминокислот.

Г. Не являются гликопротеинами.

Д. Содержание в плазме крови в норме составляет 35–50 г/л.

Задание 2. Укажите **ошибочное** утверждение. Альбумины плазмы крови:

А. Синтезируются в эритроцитах.

Б. Сравнительно быстро обновляются.

В. Играют важную роль в создании онкотического давления.

Г. Выполняют роль белкового резерва организма.

Д. Осуществляют транспорт метаболитов (жирных кислот, билирубина, альдостерона, Ca^{2+}) и лекарственных веществ (антибиотиков, сульфаниламидов, салицилатов, барбитура-тов, сердечных гликозидов и др.).

Задание 3. Глобулины плазмы крови характеризуются:

А. Большинство глобулинов — гликопротеины.

Б. Имеют бóльшую молекулярную массу в сравнении с альбуминами.

В. Многие глобулины — сравнительно гидрофобные белки.

Г. Выпадают в осадок только в насыщенном растворе $(NH_4)_2SO_4$.

Д. Физиологические концентрации глобулинов в плазме крови — 20–35 г/л.

Задание 4. Укажите **верные** утверждения. Глобулины плазмы крови:

А. Принимают участие в создании гуморального иммунитета.

Б. Осуществляют транспорт органических веществ (метаболитов, гормонов, витаминов).

В. Осуществляют транспорт катионов (Cu^{2+}, Fe^{3+}, Mg^{2+} и др.).

Г. Являются ингибиторами протеолитических ферментов.

Д. Играют ведущую роль в создании онкотического давления.

Задание 5. Какие функции выполняют приведенные ниже глобулины крови?

1. Церулоплазмин.	А. Участвует в транспорте железа (Fe^{3+}) по кровеносному руслу.
2. Трансферрин.	Б. Ведущая роль в транспорте меди к тканям.
3. α_2-Макроглобулин.	В. Связывает и транспортирует свободный гемоглобин плаз-мы в клетки ретикулоэндотелия.
4. Гаптоглобин.	Г. Ингибирует протеолитические ферменты крови (трипсин, химотрипсин, тромбин, плазмин, калликреин).

Задание 6. В моче больного обнаружены в большом количестве аминолевулиновая кислота, порфобилиноген и порфирины. Моча при длительном освещении приобрела темно-красный винный цвет. Какую патологию можно предположить в данном случае?

А. Печеночная желтуха. Б. Обтурационная желтуха.

В. Гемолитическая желтуха. Д. Талассемия.

Задание 7. Развитие метгемоглобинемий может быть обусловлено:

А. Отравлением окислителями (нитриты, нитраты, нитрозосоединения, бромиды и др.).

Б. Низким парциальным давлением кислорода.

В. Наследственным дефектом метгемоглобинредуктазы.

Г. Аномальной формой гемоглобина (М-гемоглобин и др.).

Д. Высоким парциальным давлением углекислого газа.

Задание 8. α-Талассемия характеризуется:

А. Нарушением синтеза α-цепи.

Б. Нарушением синтеза β-цепи.

В. Усилением синтеза β- и γ-цепей.

Г. Появлением в крови гемоглобина Н (β_4).

Д. Появлением в крови гемоглобина Бартса (γ_4).

Задание 9. β-Талассемия характеризуется:

А. Нарушением синтеза α-цепи.

Б. Нарушением синтеза β-цепи.

В. Появлением в крови гемоглобина Кения (содержит γ- и β-цепи наряду с α-цепями).

Г. Увеличением содержания в крови гемоглобина F ($\alpha_2\gamma_2$).

Д. Увеличением содержания в крови гемоглобина A_2 ($\alpha_2\delta_2$).

Ситуационная задача.

В приемный покой клиники поступило несколько пациентов: первый — с подозрением на острую почечную недостаточность, второй — с клиническими признаками острого инфаркта миокарда, третий — с признаками токсического гепатита.

Определение каких биохимических показателей в крови поможет подтвердить диагноз каждому из пациентов?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — А, Б. 2 — А. 3. Б: А – НАДФ$^+$, Б – НАД$^+$; В: фосфоглицераткиназная (14) и пируваткиназная (15) реакции; Г: пентозофосфатный путь; Д: супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза, глутатионредуктаза; Е: 2,3-дифосфоглицерат.

***Для самостоятельной работы*:**

4.1 — А, Б, В, Г, Д; 4.2 — А, Б, В, Г, Д; 4.3 — А, Б, В, Д; 4.4 — Г.

Лабораторная работа (80 минут)

Разделение белков сыворотки крови методом электрофореза на ацетилцеллюлозе.

В клинических лабораториях наиболее распространены электрофоретические методы исследования белкового спектра плазмы (сыворотки) крови. Электрофорез белков сыворотки крови — объективный метод при первичной лабораторной диагностике острых и хронических воспалительных заболеваний, злокачественных опухолей, заболеваний печени, белок-дефицитных состояний, моноклональных гаммапатий и дефицита антител.

Разделение белков сыворотки крови на ацетилцеллюлозных плёнках даёт чёткое фракционирование и сокращает время электрофореза до 25–30 минут.

Принцип метода. Метод фракционирования основан на том, что под влиянием постоянного электрического поля белки сыворотки крови, обладающие электрическим зарядом, движутся по смоченной буферным раствором плёнке ацетилцеллюлозы со скоростью, зависящей от величины заряда и молекулярной массы частиц. Вследствие этого белки сыворотки разделяются обычно на 5 основных фракций: альбумин и глобулины α_1, α_2, β и γ, содержание которых определяется фотометрически. Относительное содержание белковых фракций в сыворотке крови здорового человека выражается следующими цифрами: *альбумин* — 53–66 %; *глобулины* — 29–54 %: α_1-глобулины — 2–5 %, α_2-глобулины — 6–12 %, β-глобулины — 8–15 %, γ-глобулины — 11–22 %. Альбумин-глобулиновый коэффициент — отношение количества альбуминов к количеству глобулинов в биологических жидкостях. В крови величина альбумин-глобулинового коэффициента в норме относительно постоянна и равна 1,5–1,7. Снижение альбумин-глобулинового коэффициента, характерное для многих патологических состояний, может быть связано как с увеличением абсолютного количества глобулинов (при острых и хронических воспалительных процессах), так и с уменьшением абсолютного количества альбуминов (при циррозе печени, гепатите и других заболеваниях печени).

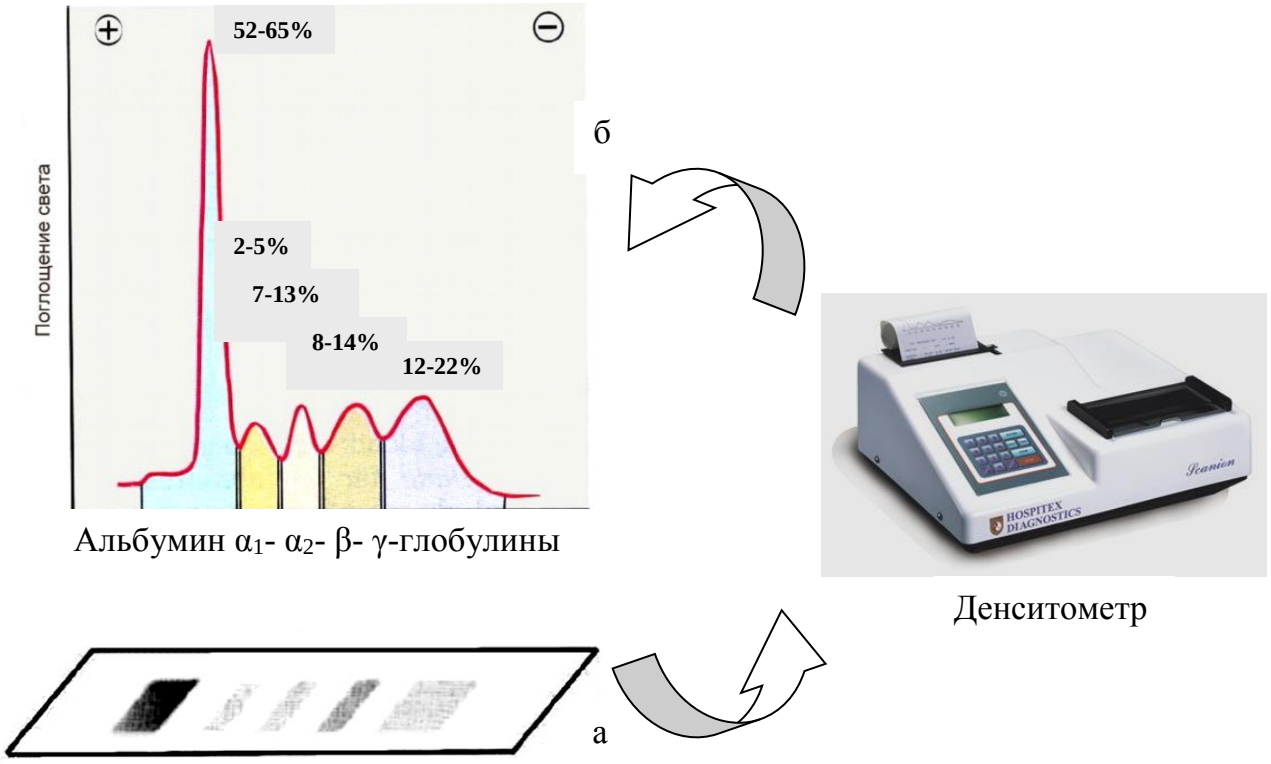
1. **Электрофоретическое разделение белков сыворотки крови.**

Кюветные отделения аппарата для электрофореза заполняют буферным раствором. Полоски ацетилцеллюлозы смачивают буфером и туго натягивают

(не должны провисать) в промежутке между кюветными отделениями. Через полоску носителя в течение 5 минут пропускают электрический ток. Отключают электрофоретическую камеру, на поверхность ацетилцеллюлозной плёнки у катода на линию старта наносят сыворотку крови. Прибор включают вновь и проводят электрофоретическое разделение белков.

2. **Окраска электрофореграмм.**

После отключения прибора плёнки вынимают и сразу помещают их в раствор красителя (амидочёрный 10 В) на 10–15 минут. Для удаления избытка красителя полоски ацетилцеллюлозы переносят в кювету с 2 % раствором уксусной кислоты. Через 10–15 минут кислоту сливают и полоски заливают чистым раствором уксусной кислоты. В результате такой обработки синие пятна, соответствующие различным фракциям белков, отчетливо видны на прозрачном фоне ацетилцеллюлозной плёнки.

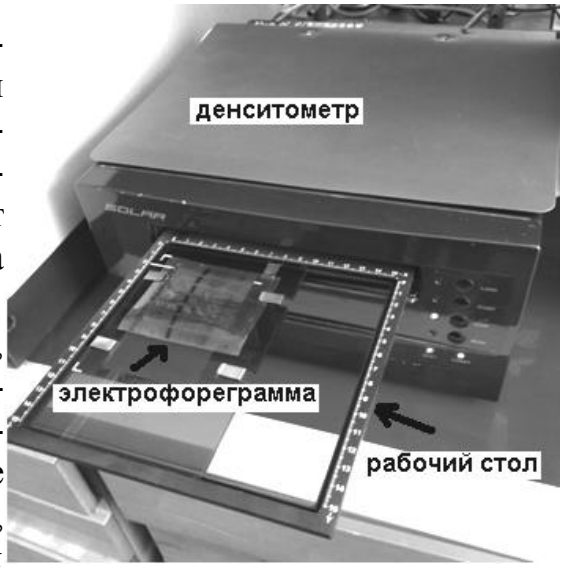


Электрофореграмма (а) и денситограмма (б) белков сыворотки крови человека на ацетилцеллюлозе

3. **Количественная оценка электрофореграмм** *проводится путем денситометрии или фотометрии соответствующих элюатов.*

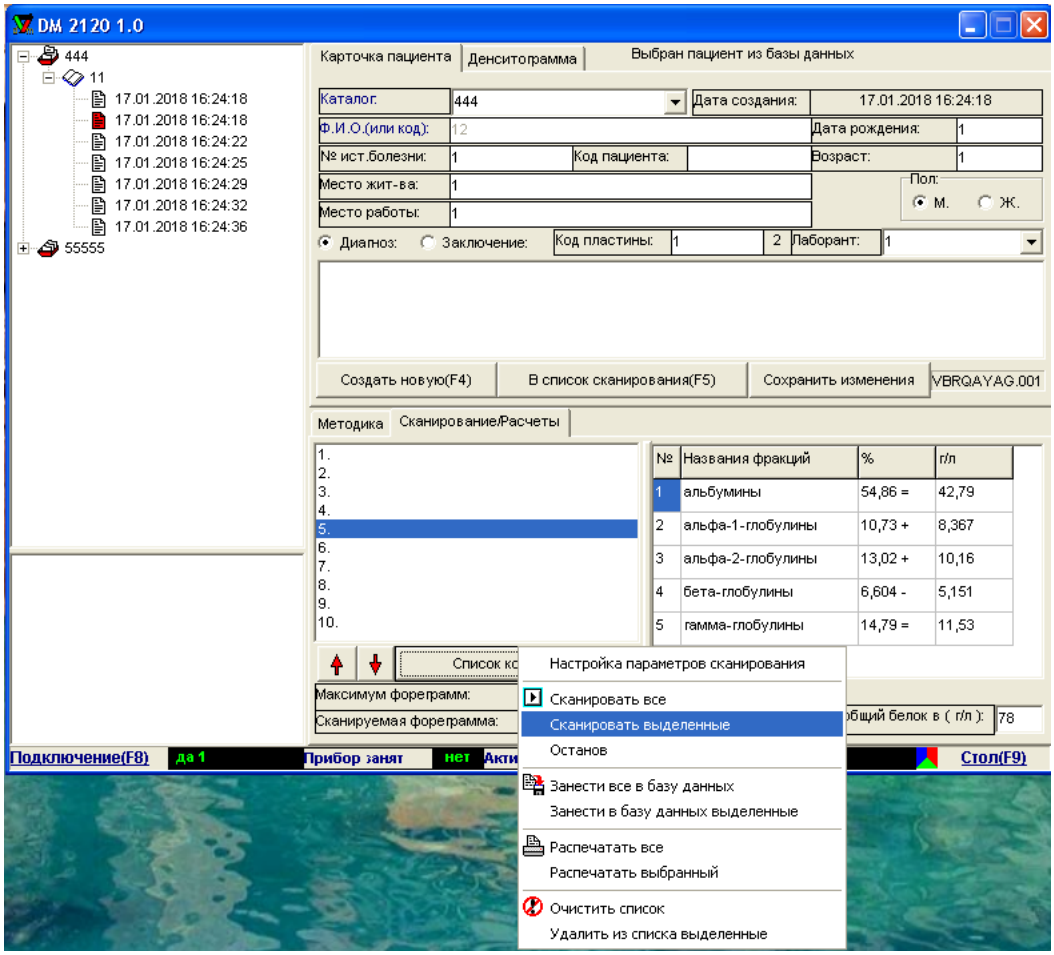
3.1. **Денситометрия электрофореграмм** проводится с использованием денситометра. Денситометр — фотометрический прибор, обеспечивающий сканирование электрофореграммы. Целью сканирования является получение денситограммы — графического изображения распределения концентрации красителя вдоль электрофореграммы, представляющую собой серию отдельных

пиков, по соотношению площадей которых интегратор и микропроцессорное устройство прибора вычисляют относительное содержание каждой белковой фракции.



Ход работы. Ознакомьтесь с устройством денситометра. Поместите на рабочий стол прибора исследуемую электрофореграмму таким образом, чтобы фракция альбуминов была слева, т. к. прибор производит измерения оптической плотности слева направо.

В программе, управляющей прибором, выберите номер дорожки электрофореграммы. Выберите команду «Сканировать выделенное». Прибор в автоматическом режиме отсканирует выбранную электрофореграмму, определит границы фракций и выдаст их процентное соотношение. В случае необходимости границы фракций можно выставить путем нажатия левой клавишей мышки.



Полученные результаты заносят в таблицу.

Фракция	альбумины	α_1-глобулины	α_2-глобулины	β-глобулины	γ-глобулины
Содержание, %					

По соотношению фракций определяют их соответствие норме и производят вычисление альбумин-глобулинового коэффициента по формуле:

$$А/Г = \frac{\text{содержание альбуминов, \%}}{\text{содержание глобулинов (сумма всех глобулиновых фракций), \%}}$$

Расчет: А/Г =

Вывод:

3.2. **Фотометрия элюатов фракций белка**

Ход работы. Полоски ацетилцеллюлозы промокают фильтровальной бумагой, окрашенные белковые фракции вырезают и помещают в соответствующие пронумерованные пробирки с элюирующим раствором (в 5 пробирок наливают из бюретки по 5 мл 0,1 н NaOH). Через 20 минут против воды (контроль) определяют оптическую плотность каждого раствора на фотоэлектрокалориметре (кювета 10 мм, красный светофильтр с λ = 670 нм). Зная оптические плотности растворов, соответствующие каждой фракции, вычисляют сумму оптических плотностей всех фракций и рассчитывают относительное содержание белка в каждой фракции, вычисляют альбумин-глобулиновый коэффициент.

$$\text{Относит. содерж. альбумина (\%)} = \frac{\text{Оптич. плотн. элюата альбумина (Е)}}{\text{Сумма оптич. плотностей (}\Sigma\text{)}} \cdot 100\ \%.$$

Результаты:

	альбумины	α_1-глобулины	α_2-глобулины	β-глобулины	γ-глобулины	Σ
Е (оптич. плотн.)						
Относит. сод-е, %						

Расчет: А/Г =

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 28
СИСТЕМА ГЕМОСТАЗА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ И ХЛОРИДОВ В ПЛАЗМЕ КРОВИ

Актуальность темы. Тема «Гемостаз. Система свертывания крови» — традиционно сложная для студентов. Понимание процессов свертывания крови и фибринолиза — основа для дальнейшего изучения вопросов диагностики, лечения, профилактики тромбозов (тромбоэмболий) и геморрагий. Кальций является главным минералом по содержанию, а хлорид-ион – главным внеклеточным анионом в организме человека.

Цель занятия: получить представление о механизмах гемостаза и изучить функционирование системы свертывания крови; ознакомиться с принципами определения и диагностическом значении концентрации кальция и хлоридов в плазме крови.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *нормальной физиологии*:
  - гемостаз;
- *биологической химии*:
  - физико-химические свойства белков, методы разделения белков (высаливание, электрофорез), количественное определение белка плазмы крови;
  - ферменты.

Вопросы для самопроверки исходного уровня знаний:

1. Что понимают под гемостазом? Виды гемостаза.
2. Что такое «цитратная кровь»?

Вопросы для обсуждения:

1. Представление о гемостазе. Определение, структурно-функциональные компоненты, сосудисто-тромбоцитарный и коагуляционный гемостаз. Система свертывания крови (функциональные звенья и их биологическая роль). Представление о нарушениях функционирования системы свертывания крови.
2. Свертывающая система (компоненты и их происхождение), гемокоагуляция (определение, фазы и их продолжительность, источники тромбопластинов). Внешний и внутренний механизмы свертывания крови.
3. Витамин К. Химическая природа, разновидности, природные источники, роль в гемокоагуляции.
4. Антикоагулянтная система, классификация физиологических антикоагулянтов: первичные и вторичные (представители, механизм действия). Представление об искусственных антикоагулянтах прямого и непрямого действия.
5. Фибринолитическая система, механизмы фибринолиза. Плазминовая система. Компоненты и их происхождение, механизм действия.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 783–806.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 567–585.

3. *Биологическая* химия / А.Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 382–389.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Иванов, Е. П.* Руководство по гемостазиологии / Е. П. Иванов. Минск : Беларусь, 1991. 304 с.

2. *Василькова, Т. В.* Молекулярные механизмы гемостаза : учеб. пособие / Т. В. Василькова. Минск : МГМИ, 1999. 57 с.

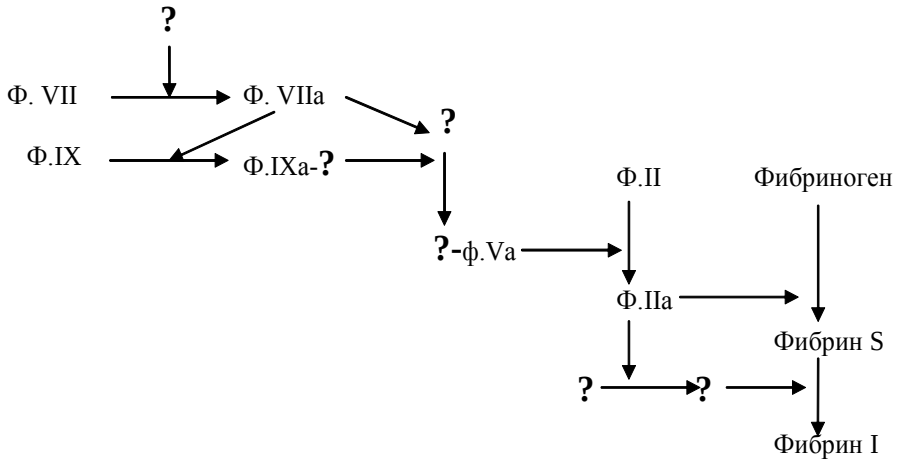
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1.

1.1. Изобразите схему внутреннего пути свертывания крови.

1.2. Запомните активаторы фактора Хагемана.

1.3. На схеме внешнего механизма свертывания крови замените знак вопроса соответствующими факторами:



Внешний механизм свертывания крови

Задание 3. Назовите витамин К-зависимые факторы системы свертывания крови.

Задание 4. Умейте объяснить механизм действия основных физиологических антикоагулянтов.

4.1. Выберите из приведенных физиологических антикоагулянтов:

А. Первичные.
Б. Вторичные.

1. Фибрин.
2. Антитромбин III.
3. Гепарин.
4. Протеины С и S.
5. α_2-Макроглобулин.
6. Ингибитор пути тканевого фактора.
7. Продукты деградации фибрина.

4.2. Почему у гомозиготных новорожденных с мутацией гена протеина С наблюдается распространенный тромбоз внутренних органов (врожденная молниеносная пурпура)?

4.3. Почему при бактериальных инфекциях, вызванных некоторыми стрептококками, наблюдаются диффузные кровотечения?

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. В процессе тромбообразования различают внешний и внутренний пути свертывания крови. На каком этапе свертывания крови они **не** совпадают?

А. Превращение протромбина в тромбин.
Б. Превращение фибриногена в фибрин.
В. Образование протромбиназы (активного тромбопластина крови).
Г. Ретракция кровяного тромба.
Д. Превращение плазминогена в плазмин.

Задание 2. Какое из приведенных утверждений **не** характерно для фактора Хагемана?

А. Является сериновой протеазой.
Б. Активируется калликреином.
В. Активируется при контакте крови с чужеродной поверхностью (стекло, каолин).
Г. Активируется тромбоцитарным тромбопластином.
Д. Активируется тканевым тромбопластином.

Задание 3. Расположите в правильном порядке события, происходящие при образовании фибринового сгустка:

А. Стабилизация полимера фибрина (образование фибрина I).
Б. Отщепление от фибриногена фибринопептидов А и В.
В. Ретракция сгустка.
Г. Образование фибрина S.

Задание 4. Наблюдаемая при наследственной недостаточности фактора XIII повышенная кровоточивость объясняется невозможностью образования

стабильного фибринового сгустка. Какова роль плазменной трансглутаминазы (фибриназы) в образовании гемостатического тромба?

А. Участие в синтезе фибриногена в печени.

Б. Участие в образовании фибрин-мономера.

В. Участие в образовании растворимых фибрин-мономерных комплексов.

Г. Участие в ковалентной сшивке фибриновых молекул.

Д. Участие в ретракции гемостатического тромба.

Задание 5. Гиповитаминоз К сопровождается повышенной кровоточивостью. Какова роль витамина К в гемокоагуляции?

А. Необходим для активации свертывающей системы после повреждения сосуда.

Б. Необходим для одновременного активирования свертывающей и противосвертыва-ющей систем.

В. Участвует в постсинтетическом созревании II, VII, IX и X факторов свертывания крови.

Г. Участвует в связывании ионов кальция.

Д. Участвует в синтезе V и VIII факторов свертывания крови.

Задание 6. Выберите правильные утверждения, характеризующие участие ионов кальция (ф. IV) в гемокоагуляции:

А. Являются вторичными посредниками в действии ряда гормонов.

Б. Стимулирование процессов перекисного окисления липидов.

В. Связывание на тромбопластинах кальций-зависимых факторов свертывания крови (ф. IX, ф. X, ф. VII, ф. II).

Г. Стабилизация структуры тромбопластинов.

Д. Активирование некоторых факторов свертывания крови.

Задание 7. Дефицит антитромбина III — частая причина тромбозов. Какова антикоагулянтная роль антитромбина III?

А. Образование необратимого комплекса с гепарином.

Б. Ингибирует витамин К-зависимое карбоксилирование остатков глутамата.

В. Необратимо инактивирует большинство сериновых протеаз свертывающей системы.

Г. Затрудняет связывание факторов свертывания на тромбопластинах.

Д. Разрушает V и VIII факторы свертывания крови.

Задание 8. Выберите процессы, определяющие противосвертывающую активность гепарина:

А. Связывает ионы кальция.

Б. Активирует антитромбин III.

В. Образует нестабильные комплексы с некоторыми факторами свертывающей системы, выключая их из процесса гемокоагуляции.

Г. Осуществляет неферментативный фибринолиз.

Д. Ингибирует витамин К-зависимое карбоксилирование остатков глутамата протеинов С и S.

Задание 9. Укажите протеолитические ферменты, при действии которых возможно превращение плазминогена в плазмин:

А. Тканевый активатор плазминогена.

Б. Урокиназа.

В. Протеин С (S).

Г. α_2-Антиплазмин.

Д. α_2-Макроглобулин.

Задание 10. Расположите в правильном порядке события, происходящие при фибринолизе:

А. Плазминоген осаждается на фибриновых нитях.

Б. Тканевый активатор плазминогена активирует плазминоген.

В. Тканевый активатор плазминогена связывается с фибрином.

Г. Плазминоген превращается в плазмин.

Д. Плазмин гидролизует фибрин.

Ситуационная задача 1.

Лекарственный препарат «Клопидогрел» используется для предотвращения образования в крови тромбов с целью снижения риска инфаркта миокарда или инсульта. Данный препарат является специфическим ингибитором агрегации тромбоцитов, так как уменьшает связывание АДФ с рецептором P2Y12 на поверхности тромбоцитов. Это приводит к ингибированию взаимодействия другого рецептора GPIIb/IIIa на поверхности тромбоцитов со своими лигандами (фибриноген, фибронектин, витронектин) под действием АДФ.

Какие ещё факторы агрегации тромбоцитов (кроме АДФ) вы знаете?

Назовите этапы сосудисто-тромбоцитарного гемостаза.

Ситуационная задача 2.

Лекарственный препарат «Ривароксабан» («Ксарелто») относится к антитромбическим средствам и применяется для лечения и профилактики тромбоэмболии (закупорки кровеносного сосуда тромбом). По механизму действия данный препарат является прямым селективным ингибитором фактора Xa.

Какова роль активного фактора X в коагуляционном гемостазе?

Какие плазменные факторы свертывания вы знаете?

Напишите схему внутреннего пути свертывания.

Ситуационная задача 3.

Структурные аналоги витамина К (варфарин, дикумарол) используются как непрямые антикоагулянты для профилактики тромбообразования.

Опишите роль витамина К в созревании факторов свертывания крови.

Перечислите витамин К-зависимые факторы и укажите роль каждого фактора в коагуляционном каскаде.

Объясните роль витамина К в формировании костной ткани.

Ответы к решению заданий

***Для самостоятельной работы*:** 4.1 А – 2, 3, 4, 5, 6; Б – 1, 7.

Лабораторная работа (30 минут)

Работа 1. Определение содержания кальция в плазме крови.

Кальций играет важную роль в осуществлении процессов жизнедеятельности. Он влияет на проницаемость биологических мембран, возбудимость нервов и мышц, участвует в нервно-мышечной проводимости, сокращении и расслаблении мускулатуры (в том числе мышцы сердца), секреторных процессах, формировании кости и хряща; воздействует на обмен веществ в клетках, является важным фактором гемостаза и посредником действия гормонов в клетке.

Количественное определение кальция в плазме крови имеет важное значение для диагностики ряда заболеваний и при наблюдении за ходом лечения.

В норме концентрация общего кальция в плазме крови — 2,2–2,7 ммоль/л.

Принцип метода. Индикатор хромоген черный ЕТ-00 образует с кальцием соединение фиолетового цвета. При титровании трилоном Б (двухзамещенная натриевая соль этилендиаминотетрауксусной кислоты, образующая прочные комплексы с ионами кальция) такого окрашенного раствора произойдет изменение окраски в синий цвет в эквивалентной точке, соответствующей связыванию трилоном Б всех ионов кальция в растворе.

Ход работы. В колбочку наливают 25 мл H_2O и вносят 1 мл аммиачного буферного раствора. Затем приливают 1 мл исследуемой плазмы крови и 2 капли индикатора хромогена черного. Раствор приобретает фиолетовый цвет. Затем раствор титруют 0,002 М раствором трилона Б до синей окраски. По объему трилона Б, пошедшего на титрование, рассчитывают содержание кальция в плазме крови.

$$X\ (\text{ммоль/л}) = \frac{0{,}002 \cdot 40{,}8 \cdot 100 \cdot V_т}{1} * 0{,}245$$

где 0,002 — молярность раствора трилона Б; 40,8 — молекулярный вес Са; 100 — коэффициент для пересчета в мг%; 1 — объем сыворотки, взятый для анализа; $V_т$ — объем трилона Б, израсходованный на титрование. 0,245 — коэффициент пересчета в единицы СИ (ммоль/л).

Результат: $V_т$ =

Расчет: X (ммоль/л) =

Вывод:

Работа 2. Количественное определение хлоридов в крови по Левинсону.

Хлор находится в организме в основном в ионизированной форме. Хлорид-ион — главный внеклеточный анион. Анионы хлора — наиболее важные осмотически активные компоненты крови, лимфы, спинномозговой жидкости. Содержание хлора (хлорид-ионов) в сыворотке крови практически здоровых взрослых людей составляет 95–105 ммоль/л. В плазме и сыворотке крови грудных детей концентрация хлорид-ионов в норме равна 80–140 ммоль/л.

Принцип метода. Аргентометрический осадочный метод основан на способности ионов серебра образовывать с ионами хлора нерастворимые соли. Количество осаждающего вещества ($AgNO_3$) эквивалентно содержанию хлорид-ионов.

Проводят титрование хлорид-ионов крови азотнокислым серебром в присутствии индикатора K_2CrO_4. По достижении эквивалентной точки титрования избыток ионов серебра образует с индикатором соединение кирпично-красного цвета (Ag_2CrO_4).

Ход работы.

1. ***Осаждение белков крови.***

В двух пробирках готовят смесь растворов: 5 мл 0,45 % $ZnSO_4$ + 1 мл 0,1н NaOH. Затем в 1-ю пробирку вносят 0,1 мл сыворотки, во 2-ю (контрольную) — 0,1 мл $H_2O_{дист.}$ Пробирки нагревают 3 мин над пламенем спиртовки. После этого содержимое пробирок фильтруют в колбочки через вату. Осадок на ватном фильтре промывают два раза водой (по 3 мл).

2. ***Осаждение ионов хлора в присутствии K_2CrO_4.*** К фильтрату приливают 2 капли 1–2% раствора K_2CrO_4 и титруют раствором $AgNO_3$ до изменения желтого цвета раствора в кирпично-красный.

Расчет. Из объема (мл) $AgNO_3$, пошедшего на титрование опытного раствора ($V_{оп}$ (мл)), вычитают объем (мл) $AgNO_3$, пошедший на титрование контроля ($V_{контр}$ (мл)), и разницу умножают на 0,355, если результат выражают в мг хлора на 0,1 мл крови. Для выражения в мг% полученную величину нужно умножить на 1000. Коэффициент пересчета в единицы СИ (ммоль/л) — 0,282.

$$C\ (\text{ммоль/л}) = (V_{оп} - V_{контр}) \cdot 0{,}355 \cdot 1000 \cdot 0{,}282;$$

Результат: $V_{оп\ (мл)}$ =

$V_{контр\ (мл)}$ =

Расчет:

Вывод:

Подпись преподавателя:

БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ

Занятие 29
БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ. БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ БЕЛКОВ, ЖИРОВ, УГЛЕВОДОВ, ВИТАМИНОВ. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ВИТАМИНЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВИТАМИНА С В МОЧЕ

Актуальность темы. Использование пищи живыми организмами обозначается термином «питание». Различают три важнейших категории или составных компонента пищи:

1) питательные вещества — источники энергии и пластического материала (белки, липиды, углеводы);

2) микрокомпоненты пищи — витамины и минеральные соединения, необходимые для биохимических процессов;

3) волокнистые структуры — неперевариваемые полисахариды, необходимые для нормального функционирования пищеварительной системы.

Осуществление теми или иными компонентами пищи, в том числе незаменимыми факторами питания, своих функций в организме происходит через биохимические превращения. Понимание того, каким образом различные компоненты пищи вовлекаются в них, поможет осмыслить необходимость и суть сбалансированного питания, своевременно распознавать и активно действовать при столь распространенном в клинической практике состоянии недостаточного питания. Дефицит любого витамина ведет к появлению специфических нарушений реакций обмена с характерными клиническими проявлениями. Знание коферментных функций витаминов в организме позволяет понять механизмы развития и профилактики гипо- и авитаминозов и использовать витамины с профилактической и лечебной целью.

Цель занятия: закрепить знания по химической структуре и молекулярным механизмам биологического действия коферментных форм витаминов, вовлечению в метаболизм других незаменимых факторов питания; сформировать представление о биохимических механизмах использования компонентов пищи для поддержания нормальной жизнедеятельности организма, о патологических состояниях недостаточного питания; познакомить студентов с методами обнаружения витаминов и количественного их определения в продуктах питания.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *биоорганической химии*:

– строение и свойства гетероциклических соединений — пиридина, пиримидина, пиррола, тиазола, порфирина, парааминобензойной кислоты, никотиновой кислоты;

– биологически активные гетерофункциональные соединения бензольного и гетероциклического рядов, метаболиты и биорегуляторы;

- *биохимии*:

– коферменты и их роль в процессах метаболизма;

– коферментные формы водорастворимых витаминов и их участие в метаболизме;

– пути катаболизма белков, жиров, углеводов в клетках.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. Укажите правильное(ые) выражение(я) относительно панкреатических ферментов:

А. Все они секретируются в виде неактивных проферментов.

Б. Все они секретируются ацинарными клетками.

В. Все они секретируются в ответ на холецистокинин.

Г. Для оптимальной активности им требуется pH около 7.

Д. Они важны только для переваривания белков.

Задание 2. Укажите правильное(ые) выражение(я):

А. Действие адреналина и глюкагона направлено на увеличение уровня гликогенфосфорилазы.

Б. Интенсивность расщепления гликогена в состоянии натощак равна интенсивности его синтеза.

В. Дефосфорилирование гликогенсинтазы в ответ на действие инсулина приводит к увеличению её активности.

Г. цАМФ — это вторичный посредник, который образуется в ответ на действие адреналина и глюкагона в печени.

Д. Фосфорилирование гликогенфосфорилазы в ответ на действие глюкагона увеличивает её активность.

Задание 3. Какова функция гормон-чувствительной липазы в жировой ткани?

А. Гидролизует гормон, который участвует в расщеплении жира.

Б. Синтезирует новые жировые клетки из простых жирных кислот.

В. Гидролизует триацилглицеролы с образованием жирных кислот для других клеток.

Д. Синтезирует длинноцепочечные жирные кислоты для синтеза липидов в других клетках.

Задание 4. Какую роль играет генетический фактор в перспективе достижения определенного веса тела? Что такое ген Ob и какую роль ему отводят в развитии ожирения у человека? Какие аргументы можно привести в пользу того, что этот ген связан с контролем веса?

Задание 5. Лабораторный анализ после гидролиза вещества выявил в гидролизате аденин, рибозу и фосфорную кислоту. Какова структура исходного вещества?

А. Пептид. В. Мононуклеотид. Д. Олигосахарид.

Б. Нуклеозид. Г. Пентозофосфат.

Задание 6. Вспомните, что витамины принимают участие в процессах метаболизма после их активации в клетках, т. е. превращения в коферментную форму.

6.1. Объясните, чем руководствовался врач, заменив больному нейродермитом пиридоксин на пиридоксальфосфат.

6.2. Подберите соответствующие пары витамин – кофермент:

1. $НАД^+$.	А. Производное пиридоксина.
2. ТПФ.	Б. Производное рибофлавина.
3. HS-КоА.	В. Производное тиамина.
4. ФАД.	Г. Производное никотиновой кислоты.
5. ПФ.	Д. Производное пантотеновой кислоты.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Пищевая ценность белков, жиров, углеводов. Роль волокнистых полисахаридов для работы пищеварительного тракта и обменных процессов в организме. Незаменимые факторы питания.

2. Энергия — потребность, происхождение и расходование в организме.

3. Синдром недостаточного питания — причины развития и характерные проявления квашиоркора и маразма.

4. Химическая природа, коферментные формы, молекулярные механизмы действия и роль в процессах метаболизма водорастворимых витаминов: тиамина (B_1); рибофлавина (B_2); пантотеновой кислоты; ниацина (PP); пиридоксина (B_6); фолиевой кислоты (B_9); кобаламина (B_{12}); биотина (H); аскорбиновой кислоты (C).

5. Химическая природа, механизмы действия и роль в процессах метаболизма жирорастворимых витаминов A, E, D, K.

6. Витаминоподобные вещества: биофлавоноиды (вит. P), холин, липоевая кислота, парааминобензойная кислота, витамин U, карнитин, инозитол, пангамовая кислота.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 617–626, 635–672.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 87–131.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 332–358.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Биохимия* человека / Р. Мари [и др.]. Москва : Мир, 1993.

2. *Морозкина, Т. С.* Витамины : краткое руководство для врачей и студентов медицинских, фармакологических и биологических специальностей / Т. С. Морозкина, А. Г. Мойсеенок. Минск : Асар, 2002.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Запомните суточную потребность человека в витаминах, существенное снижение которой неизбежно приводит к нарушению биохимических процессов и развитию заболеваний. Назовите признаки гиповитаминозов.

1.1. Как было установлено, синдром Вернике–Корсакова, проявляющийся нарушением тонуса мышц конечностей, снижением умственной способности и дезориентацией, связан с нарушением прочной связи апофермента и кофермента в ферменте транскетолазе. Симптомы этого синдрома могут проявляться у алкоголиков вследствие снижения поступления в организм витамина. Назовите этот витамин и его коферментные формы. С какими ферментами кроме транскетолазы работает этот витамин?

Задание 2. Запомните энергозатраты организма взрослого человека в состоянии покоя и лабильность этого показателя в условиях патологии. Объясните, куда используется АТФ в состоянии покоя. Запомните реальный и желательный вклад в энергопродукцию белков, жиров и углеводов.

2.1. Как поступает организм с образовавшимся избытком аминокислот, когда Вы потребляете с пищей или в виде пищевых добавок большее их количество, чем требуется для синтеза новых белков? Отличаются ли механизмы использования избытка аминокислот от механизмов использования избытка углеводов или липидов? Укажите эти различия.

2.2. Источниками энергии для организма человека в состоянии покоя являются:

А. Реально — углеводы 60 %.

Б. Желательно — алкоголь 3 %.

В. Реально — белок 15 %.

Г. Желательно — жир 40 %.

Д. Реально — алкоголь 0 %.

Задание 3. Синдром недостаточного питания проявляется в двух клинических формах: квашиоркоре и маразме. Умейте указать сходство и принципиальные различия между ними.

3.1. У больного после операции резекции тощей кишки, которая была произведена для удаления опухоли, в течение нескольких недель развилась гипоальбуминемия и отечность тканей. При осмотре больной не выглядел истощенным, но была заметна бледность кожных покровов. Какую патологию позволяют заподозрить врачу эти симптомы? Какой подход можно было бы предложить для преодоления этого состояния у пациента?

Задание 4. Запомните: наряду с незаменимыми факторами питания имеются условно незаменимые, которые не ограничиваются только аминокислотами аргинином и гистидином; они могут стать незаменимыми при определенных состояниях организма. Объясните, почему при выборе пищевых источников незаменимых жирных кислот необходимо различать омега-3 и омега-6 кислоты. Обратите внимание на преимущества и недостатки неперевариваемых полисахаридов в составе пищи.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. Данные врачебного осмотра пожилой женщины соответствовали периферической нейропатии. Лабораторные анализы подтвердили недостаточность тиамина. Активность каких процессов снижена при данном гиповитаминозе?

А. Трансаминирование аминокислот.

Б. Декарбоксилирование аминокислот.

В. Окислительное декарбоксилирование α-кетокислот.

Г. Трансметилирование аминокислот.

Д. Окислительное дезаминирование аминокислот.

Задание 2. У больного после перенесенного инфаркта в течение двух суток значительно увеличилась активность аспартатаминотрансферазы в крови. Укажите кофермент данного фермента и тип катализируемой им реакции. Производным какого витамина является этот кофермент?

Задание 3. При недостатке фолиевой кислоты страдает прежде всего кроветворение и деятельность желудочно-кишечного тракта. Какие соединения входят в состав B_9? В реакциях какого типа участвует коферментная форма (назовите ее) этого витамина?

Задание 4. Гиповитаминоз пантотеновой кислоты практически не встречается, т. к. она обнаружена повсеместно: в тканях животных, растений, микроорганизмов. Укажите кофермент данного витамина, назовите тип реакций, в которых он участвует. Изобразите схематически строение коферментной формы пантотеновой кислоты:

Задание 5. У мужчины, в течение многих лет злоупотреблявшего алкоголем, появились воспаления слизистой оболочки языка, губ, помутнение хрусталика, общая мышечная слабость. В анализе крови установлено значительное снижение активности глутатион-редуктазы эритроцитов. Активность фермента выросла после добавления в пробу рибофлавина. Какой кофермент входит в состав глутатион-редуктазы эритроцитов?

А. ТПФ. Б. ФАД. В. $НАД^+$. Г. ТГФК. Д. ПФ.

Задание 6. Больному сделана операция резекции желудка, после чего вследствие недостаточности витамина B_{12} у него развилась анемия. Назовите коферментные формы этого витамина. В каких реакциях они принимают участие?

Задание 7. К врачу обратился пациент с жалобами на воспалительные процессы кожи (дерматит), сопровождающиеся усиленной деятельностью сальных желез, выпадением волос — типичными признаками недостаточности витамина Н. Объясните, какие реакции обмена нарушаются при этом.

Задание 8. Какие из нижеперечисленных продуктов питания содержат много эйкозопентаеновой и докозагексаеновой кислот?

А. Креветки. В. Грудное молоко человека.

Б. Семга. Г. Соевое масло.

Задание 9. Каким образом растворимые волокна в составе принимаемой пищи помогают снизить уровень холестерола в крови?

А. Денатурируют холестерол в желудке.

Б. Гидролизуют холестерол в кишечнике.

В. Задерживают холестерол в кишечнике и таким образом замедляют его всасывание.

Г. Усиливают экскрецию желчи, ускоряя обмен холестерола.

Задание 10. Какой источник энергии обеспечивает 90 % глюкозы, необходимой в качестве топлива в течение первых нескольких дней голодания?

А. Белок. В. Гликоген.

Б. Кетоновые тела. Г. Триацилглицеролы.

Ситуационная задача.

Пациент, мужчина 54-х лет, поступил с жалобами на диарею, дерматит, отмечаются признаки развития деменции.

Назовите возможные причины развития данной клинической симптоматики?

Авитаминоз какого витамина может приводить к развитию данного состояния?

Напишите реакции ЦТК, в которых участвует коферментная форма данного витамина?

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — А, В, Г. 2 — В, Г, Д. 3 — В. 5 — В. 6.2. 1 – Г; 2 – В; 3 – Д ; 4 – Б; 5 – А.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1 — B_1, его коферментные формы ТМФ, ТДФ (ТПФ), ТТФ.

2.2 — В. 3.1 — Квашиоркор.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Качественные реакции на витамины.

Для обнаружения витаминов и определения их количества в различных веществах и биологических жидкостях существуют реакции, основанные на цветных реакциях, характерных для той или иной группировки, входящей в витамин.

1. ***Качественные реакции на витамин B_1.*** Витамин B_1 состоит из пиримидинового и тиазольного колец. Витамин B_1 получил название тиамина поскольку содержит серу и азот.

Реакция окисления. В щелочной среде тиамин окисляется феррицианидом калия в тиохром, раствор которого флюоресцрует синим цветом при облучении ультрафиолетовыми лучами.

Ход работы. В пробирку вносят 1 каплю 5 % раствора тиамина, прибавляют 5–10 капель 10 % раствора NaOH, 1–2 капли 5 % раствора феррицианида калия, взбалтывают полученную смесь. Ставят пробирку в штатив предварительно прогретого флюороскопа и наблюдают синюю флюоресценцию.

Диазореакция. В щелочной среде тиамин с диазореактивом образует сложное комплексное соединение оранжевого цвета.

Ход работы. К диазореактиву, содержащему 5 капель 1 % раствора сульфаниловой кислоты и 5 капель 5 % раствора нитрита натрия, добавляют 1–2 капли 5 % раствора тиамина и затем по стенке, наклонив пробирку, осторожно добавляют 5–7 капель 10 % раствора бикарбоната натрия. На границе двух жидкостей появляется кольцо оранжевого цвета.

Результат:

2. ***Качественная реакция на витамин B_2.***

Принцип метода. Окисленная форма витамина B_2 представляет собой желтое флюоресцирующее в ультрафиолетовых лучах вещество. Реакция на витамин B_2 основана на его способности легко восстанавливаться. При этом раствор витамина B_2, обладающий желтой окраской, приобретает сначала розовый цвет за счет образования промежуточных соединений, а затем обесцвечивается, т. к. восстановленная форма витамина B_2 бесцветна.

Ход работы. В пробирку наливают 10 капель раствора витамина B_2, добавляют 5 капель концентрированной соляной кислоты и опускают зернышко металлического цинка. Начинается выделение пузырьков водорода, жидкость постепенно розовеет, затем обесцвечивается. Сравнивают обе формы витамина B_2 (окисленную и восстановленную) по флюоресценции.

Результат:

3. ***Качественная реакция на витамин PP.***

Принцип метода. Витамин PP при нагревании с раствором ацетата меди образует плохо растворимый синий осадок медной соли никотиновой кислоты.

Ход работы. Наливают в пробирку 20 капель 3 % раствора витамина PP (перед определением раствор обязательно следует взболтать) и нагревают до кипения; при этом мутный раствор становится прозрачным. Взболтав 5 % раствор ацетата меди, приливают 20 капель его к нагретому раствору витамина PP. Содержимое пробирки доводят до кипения и сразу охлаждают под струей холодной воды. На дне пробирки выпадает синий осадок медной соли никотиновой кислоты.

Результат:

4. ***Качественная реакция на витамин B_6.***

Принцип метода. Витамин B_6 при взаимодействии с раствором хлорного железа образует комплексную соль типа фенолята железа красного цвета.

Ход работы. К 5 каплям 1 % раствора витамина B_6 приливают равное количество 1 % раствора хлорного железа и перемешивают. Развивается красное окрашивание.

Результат:

5. ***Качественная реакция на витамин B_{12}.*** B_{12} — единственный витамин, содержащий в своей структуре металл (кобальт).

Принцип метода. При взаимодействии ионов кобальта с тиомочевиной при нагревании образуется роданид кобальта зеленого цвета.

Ход работы. На бумажный фильтр наносят 2–3 капли раствора тиомочевины и высушивают над пламенем спиртовки. После этого наносят на фильтр 1–2 капли минерализата (B_{12}) и снова нагревают фильтр над спиртовкой. На фильтре, чаще по краю, появляется зеленое окрашивание, свидетельствующее о наличии кобальта.

Результат:

Выводы:

Работа 2. Количественное определение витамина С.

Принцип метода. Метод основан на способности витамина С восстанавливать 2,6-дихлорфенолиндофенол, который в кислой среде имеет красную окраску, а при восстановлении обесцвечивается; в щелочной среде окраска синяя.

Исследуемый раствор титруют в кислой среде щелочным раствором 2,6-дихлорфено-линдофенолом до появления розового окрашивания.

1. ***Определение содержания витамина С в картофеле.***

Ход работы. Отвешивают 1 г картофеля и растирают его в ступке с 2 мл 10 % раствора соляной кислоты (чтобы картофель не темнел), постепенно приливая 8 мл дистиллированной воды. Полученный гомогенат фильтруют через марлю в стаканчик, и фильтрат титруют 0,001 н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола до розовой окраски, сохраняющейся в течение 30 с.

Для расчета содержания аскорбиновой кислоты в таких продуктах, как капуста, картофель, хвоя, шиповник и др., используют формулу:

$$X = (0{,}088 \cdot A \cdot 100) / B,$$

где х — содержание аскорбиновой кислоты в миллиграммах на 100 г продукта; 0,088 — количество аскорбиновой кислоты, мг, соответствующее 1 мл 2,6-дихлорфенолиндофенола; А — результат титрования 0,001н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола, мл; В — количество продукта, взятое для анализа, г; 100 — пересчет на 100 г продукта.

В 100 г картофеля обычно содержится 1–5 мг витамина С.

Результат: А =

Расчет:

Вывод:

2. ***Определение содержания витамина С в моче.***

Определение содержания витамина С в моче дает представление о запасах этого витамина в организме, так как имеется соответствие между концентрацией витамина в крови и количеством этого витамина, выделяемым с мочой. Однако при гиповитаминозе С содержание аскорбиновой кислоты в моче не всегда понижено. Часто оно бывает нормальным, несмотря на большой недостаток этого витамина в тканях и органах.

У здоровых людей введение *per os* 100 мг витамина С быстро приводит к повышению его концентрации в крови и в моче. При гиповитаминозе С ткани, испытывающие недостаток в витамине, задерживают принятый витамин С и его концентрация в моче не повышается. Моча здорового человека содержит 20–30 мг/сутки витамина С или 113,55–170,33 мкмоль/сут. Уровень этого витамина понижается при цинге, а также при острых и хронических инфекционных заболеваниях.

Ход работы. В стаканчик или колбочку отмеривают 10 мл мочи и 10 мл дистиллированной воды, перемешивают, подкисляют 20 каплями 10 % раствора соляной кислоты и титруют 0,001 н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола до розовой окраски. Для расчета содержания аскорбиновой кислоты в моче используют формулу:

$$x = \frac{0{,}088 \cdot A \cdot B}{Б},$$

где х — содержание аскорбиновой кислоты в мг/сут; 0,088 — количество аскорбиновой кислоты (мг) соответствующее 1 мл 2,6-дихлорфенолиндофенола; А — результат титрования 0,001 н раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола, мл; Б — объем мочи, взятый для титрования, мл; В — среднее суточное количество мочи (для мужчин 1500 мл, для женщин 1200 мл).

Коэффициент пересчета в единицы СИ (мкмоль/сут) — 5,7.

Результат: А =

Расчет:

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 30
БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА. РЕГУЛЯЦИЯ ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО БАЛАНСА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НАТРИЯ И КАЛИЯ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ

Актуальность темы. Изменение состава минеральных веществ, нарушение распределения электролитов и жидкости в организме являются причиной многих серьёзных нарушений, коррекцией которых чаще всего занимаются реаниматологи.

Цель занятия: закрепить знания электролитного состава жидкостей организма, роли микро- и макроэлементов в клетках и внеклеточной жидкости для последующего использования их во врачебной деятельности.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *общей химии*:

– понятия «осмотическое давление», «осмоляльность», «гипотоническое и гипертоническое изменение объёма», «pH», «буферные системы»;

- *биоорганической химии*:

– кетоновые тела, альбумины, глобулины;

- *нормальной физиологии*:

– распределение воды в организме, аквапорины;

– состав интерстициальной (межклеточной) и клеточной жидкостей организма;

– механизм действия Na^+/K^+-АТФазы;

- *биологической химии*:

– ферменты, гормоны, механизмы регуляции активности ферментов.

Задания для самопроверки исходного уровня знаний

Задание 1. В обычных условиях неизбежная суточная потеря воды взрослым человеком составляет около 2500 мл. Укажите, сколько воды теряется:

а) с выдыхаемым воздухом; б) с мочой; в) через кожу в виде пота?

Задание 2. Что произойдет при помещении эритроцитов в гипотоническую среду?

А. Они не изменятся.

Б. Наступит их сморщивание.

В. Произойдёт гемолиз.

Задание 3. Кетоновые тела (АН) являются более сильными кислотами, чем угольная кислота. В какую сторону сместится равновесие реакции?

$$HCO^{3-} + AH \leftrightarrow H_2CO_3 + A^-$$

Задание 4. У больного появились отёки. Каковы возможные причины?

А. Нарушение белоксинтезирующей функции печени.

Б. Сгущение крови.

В. Протеинурия.

Г. Недостаток вазопрессина.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Нормы потребления воды, поступление и выведение воды. Распределение и роль воды в организме.

2. Кальций, фосфор. Роль в метаболизме, гормональная регуляция их обмена.

3. Натрий, калий, хлор, магний, сера. Роль этих макроэлементов в метаболизме.

4. Обмен железа в организме (всасывание, транспорт, внутриклеточный обмен). Биологическая роль железа. Железодефицитные состояния и железодефицитные анемии. Депонирование железа. Проявления избытка железа в организме

5. Роль меди, цинка, селена, йода, фтора, марганца, кобальта в метаболизме тканей.

6. Механизм действия гормонов, регулирующих водно-минеральный обмен (вазопрессина, натрий-уретического гормона, альдостерона).

7. Ренин-ангиотензиновая система и её роль в регуляции водно-солевого обмена.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 673–710.

2. Биологическая химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 515–549.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк., 2013. С. 359–375.

4. Конспект лекций.

Дополнительная

1. *Нельсон, Д.* Основы биохимии Ленинджера / Д. Нельсон, М. Кокс. Москва : Бином, 2011.

2. *Николаев, А. Я.* Биологическая химия / А. Я. Николаев. Москва : Медицинское информационное агенство, 2004. С. 399–411.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Запомните физиологические концентрации основных катионов:

Катионы	Плазма	Эритроциты
Калий	3,5–5,5 ммоль/л	80–113 ммоль/л
Натрий: взрослые дети	 130–150 ммоль/л 130–145 ммоль/л	13,5–21,8 ммоль/л

Содержание общего кальция в сыворотке крови — 2,2–2,7 ммоль/л, ионизированного кальция в сыворотке — 1,1–1,3 ммоль/л.

Задание 2. Все минеральные вещества в зависимости от их концентрации в организме подразделяются на макро- и микроэлементы. Минеральные вещества, содержание которых превышает 50 мг/кг массы тела, относятся к макроэлементам. Перечислите эти элементы.

Задание 3. В состав каких хромопротеинов входит железо?

А. Цитохрома P_{450}.

Б. I и II комплексов дыхательной цепи.

В. III и IV комплексов дыхательной цепи.

Г. Церулоплазмина.

Д. Миоглобина.

Задание 4. Муковисцидоз — наследственное заболевание, характеризующееся поражением желез внешней секреции, клинически проявляется сгущением слизи в выводных протоках (главным образом, поджелудочной железы и бронхов). Этиология болезни — генетический дефект CFTR (перевод: кистозно-фиброзный транспортёр-регулятор), т. е. хлорного канала. Предложите способ лечения этого заболевания (на основании материала лекции).

Задание 5. После назначения препаратов селена в крови у пациента:

А. Снизилось содержание продуктов ПОЛ.

Б. Увеличилось содержание продуктов ПОЛ.

В. Увеличилась активность глутатионпероксидазы эритроцитов.

Г. Снизилась активность глутатионпероксидазы эритроцитов.

Задание 6. Запомните: в случае снижения объёма крови включаются два механизма: 1) раздражаются рецепторы гипоталамуса, что приводит к активации синтеза вазопрессина; 2) раздражаются рецепторы юкстагломерулярного аппарата почек, что сопровождается выбросом в кровоток ренина.

Используя приведенную схему, изучите основные эффекты гормонов и ренина:

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Проверьте Ваши знания (самоконтроль усвоения темы)

Задание 1. У больного нефритом развились отёки. Что может служить их основной причиной?

А. Уменьшение содержания в крови альбуминов.

Б. Уменьшение содержания в крови глобулинов.

В. Увеличение содержания в крови белков острой фазы.

Г. Снижение концентрации глюкозы в плазме крови.

Д. Снижение концентрации натрия в плазме.

Задание 2. Объясните, почему и недостаток, и избыточное поступление витамина D в организм будет приводить к деструкции костной ткани.

Задание 3. Назовите минеральные вещества, выполняющие следующие функции:

А. Поддержка электролитного баланса.

Б. Поддержка определённого осмотического давления.

В. Создание благоприятных условий для растворения белков клеток крови.

Г. Участие в механизмах возбудимости.

Д. Влияние на обменные процессы путём активирования или ингибирования ферментов.

Е. Минерализация костей скелета и зубов.

Задание 4. Во время тиреоидэктомии хирург не заметил расположенных в толще щитовидной железы паращитовидных желёз. У больного начались судороги. Почему?

А. В результате падения содержания в крови тиреокальцитонина.

Б. В результате снижения содержания в крови паратирина.

В. Вследствие снижения содержания Ca^{++} в плазме крови.

Г. Вследствие увеличения содержания Ca^{++} в плазме крови.

Задание 5. Отёк головного мозга — опасное осложнение травм черепа. Он может также развиться при неправильной тактике лечения кровопотери (из-за избытка введенной в организм жидкости). Нарушение функции каких классов аквапоринов при этом отмечается?

А. Аквапоринов AQ P_1 и AQ P_4.

Б. Аквaглицеропоринов.

В. Аквапоринов AQ P_2.

Ситуационная задача.

Пациент поступил в приемный покой с жалобами на неутолимую жажду, употребление большого объема жидкости, значительное количество мочи (6–8 литров в сутки). При обследовании концентрация глюкозы в крови 5,2 ммоль/л, кетоновых тел нет. Моча бесцветная, плотность 1002 г/л, глюкозы не обнаружено.

Назовите возможные причины полиурии.

Изменится ли состояние пациента при введении вазопрессина?

Какова роль данного гормона в регуляции водно-солевого обмена?

Напишите внутриклеточный путь передачи сигнала после взаимодействия вазопрессина со своим рецептором.

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — а) 300–400 мл; б) 1200–1500 мл; в) 500–600 мл.

2 — В. 3 — вправо. 4 — А, В.

***Для самостоятельной работы*:**

2 — Na, K, Ca, Mg, P, Cl, S. 3 — А, В, Д. 4 — генная инженерия. 5 — А, В.

Лабораторная работа (60 минут)

Работа 1. Определение содержания натрия в сыворотке крови фотометрическим методом.

Принцип метода. Натрий-ионы активируют Na-зависимую β-галактозидазу, которая расщепляет о-нитрофенил-β-D-галактопиранозил до галактозы и окрашенного о-нитрофенола. Интенсивность окраски пропорциональна активности фермента и, соответственно, концентрации натрия в анализируемом образце.

Ход работы. Рабочий реагент (**реагент № 3)** предварительно нагревают в термостате при температуре 37 °С в течение 15 мин.

Берут 2 пробирки и вносят в них реагенты и анализируемые пробы в количествах, указанных в таблице:

Отмерить, мл	I пробирка **Опытная проба**	II пробирка **Стандартная проба** (калибровочная)
Рабочий реагент (реагент № 3)	0,6 мл	0,6 мл
Стандартный раствор (калибратор)	–	0,02 мл
Сыворотка крови	0,02 мл	–
Вода дистиллированная	–	–

Содержимое пробирок тщательно перемешивают и инкубируют в термостате при температуре 37 °С в течение 2 мин (не менее!).

После завершения инкубации добавляют в обе пробирки по **0,02 мл реагента № 2** (стартовый реагент) для инициирования реакции.

Содержимое пробирок перемешивают и инкубируют в термостате при температуре 37 °С в течение 15 мин (точно!).

После окончания инкубации останавливают реакцию, добавив в обе пробирки по **1,7 мл реагента № 4** (стоп-реагент), и перемешивают.

Измеряют оптическую плотность опытной и стандартной проб против воды (длина волны **405 нм**).

Расчёт: концентрацию Na^+ (ммоль/л) определяют по формуле:

$$\mathbf{C = 150 \times (E_{оп}/E_{ст}),}$$

где $\mathbf{E_{оп}}$ — оптическая плотность опытной пробы, $\mathbf{E_{ст}}$ – оптическая плотность стандартной (калибровочной пробы), **150** — концентрация натрия в стандартном растворе (ммоль/л).

Клинико-диагностическое значение. Уменьшение концентрации натрия в сыворотке крови обусловливает клинический симптомокомплекс, характеризующийся появлением апатии, потерей аппетита, тошнотой, рвотой, нарушением рефлексов, тахикардией, падением кровяного давления, психозами.

Гипернатриемия сопровождается тяжёлым общим состоянием больных, повышением температуры тела, тахикардией.

Вывод:

Работа 2. Определение содержания калия в сыворотке крови турбидиметрическим методом.

Принцип метода. Метод основан на способности ионов калия образовывать стабильную суспензию с ионами тетрафенилбората. Мутность суспензии пропорциональна концентрации ионов калия.

Ход работы. Берут две пробирки. В первую пробирку (опытная проба) наливают 2,0 мл реагента и добавляют 0,04 мл сыворотки крови, во вторую пробирку (стандартная проба) вносят 2,0 мл реагента + 0,04 мл стандартного раствора.

Необходимо строго соблюдать последовательность внесения реактивов в пробирки (сыворотку добавляют к реагенту)!

Перемешивают и инкубируют 2 мин. Вновь тщательно перемешивают и инкубируют точно 10 мин при комнатной температуре. Измеряют оптическую плотность опытной пробы ($E_{оп}$) и стандартного раствора ($E_{ст}$) против воды, используя кюветы 5 мм (желтый светофильтр, длина волны 590 нм). Перед фотометрированием пробы необходимо взболтать.

***Расчёт*:** концентрацию K^+ (ммоль/л) определяют по формуле:

$$C_{оп.} = C_{ст.} \times E_{оп.} / E_{ст.},$$

где $C_{оп.}$ — концентрация калия в исследуемой пробе; $C_{ст.}$ — концентрация калия в стандартном растворе (5 ммоль/л); $E_{оп.}$ — экстинкция опытной пробы; $E_{ст.}$ — эктинкция стандартной пробы.

Содержание K^+ в сыворотке крови в норме составляет 3,4–5,6 ммоль/л.

Результат: Еоп = Ест. =

Расчет:

Клинико-диагностическое значение. Уменьшение концентрации калия в сыворотке крови приводит к тяжёлым нарушениям — вплоть до появления вялых параличей. Ухудшаются психическая и умственная деятельность, угнетается перистальтика кишечника, развивается метеоризм, расширяются желудок и мочевой пузырь.

Гиперкалиемия сопровождается ощущением «ползания мурашек», исчезновением сухожильных рефлексов, нарушением функции сердца. При двукратном превышении содержания калия в крови сердце останавливается в фазе диастолы.

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 31
КОЛЛОКВИУМ ПО ТЕМАМ «БИОХИМИЯ КРОВИ», «БИОХИМИЯ ПИТАНИЯ», «ВОДНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН»

Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Гемоглобин (структура, молекулярные формы гемоглобина, производные гемоглобина, аномальные формы гемоглобина). Синтез гема.

2. Механизмы транспорта кислорода и углекислого газа кровью. Пути использования кислорода в клетках. Метаболические процессы, сопровождающиеся реакциями декарбоксилирования веществ.

3. Ферменты плазмы крови: секреторные, экскреторные, индикаторные (примеры ферментов, место их образования). Диагностическое значение индикаторных ферментов плазмы крови.

4. Белки плазмы крови. Основные белковые фракции: альбумин, глобулины, фибриноген (содержание, функции); альбумин-глобулиновый коэффициент и его диагностическое значение. Биологическая роль и диагностическое значение некоторых белков плазмы крови (гаптоглобин, трансферрин, церулоплазмин, α_1-ингибитор протеаз, С-реактивный белок, интерфероны, криоглобулины).

5. Что понимают под гемостазом? Представление о механизмах гемостаза. Три основных структурно-функциональных компонента гемостаза. Патологические состояния, обусловленные нарушением системы гемостаза?

6. Функциональные звенья системы свёртывания крови и их биологическая роль.

7. Молекулярные механизмы сосудисто-тромбоцитарного гемостаза.

8. Свертывающая система крови (компоненты и их происхождение). Гемокоагуляция (определение, фазы образования коагуляционного тромба и их продолжительность). Внутренний и внешний механизм гемокоагуляции (схемы),

общие этапы и отличия. Активаторы фактора Хагемана. Роль тромбоцитов в гемокоагуляции. Физиологические концентрации фибриногена в крови. Схема превращения фибриногена в фибрин. Молекулярные различия фибрина S и I. Физиологические концентрации кальция в крови и его участие в свертывании крови. Витамин К (химическая природа, разновидности, природные источники, роль в гемокоагуляции, викасол).

9. Антикоагулянтная система. Классификация естественных антикоагулянтов. Наиболее значимые естественные антикоагулянты, механизм их действия. Искусственные антикоагулянты (примеры). Механизм действия дикумарола и гепарина.

10. Фибринолитическая система, механизмы фибринолиза. Плазминовая система (компоненты и их происхождение, механизм действия).

11. Витамин B_1 (тиамин), B_2 (рибофлавин), пантотеновая кислота, PP (никотиновая кислота), B_6 (пиридоксин), B_9 (фолиевая кислота), B_{12} (кобаламин), H (биотин), C (аскорбиновая кислота). Химическая природа витаминов. Знать коферментные формы и участие в метаболизме, признаки гиповитаминоза, суточную потребность и пищевые источники. Уметь нарисовать блок-схемы строения коферментных форм витамина PP ($НАД^+$ и $НАДФ^+$) и витамина B_2 (ФМН и ФАД). Антивитамины и их классификация. Оценка обеспеченности организма витаминами. Витаминоподобные вещества: биофлавоноиды (витамин P), холин, липоевая кислота, парааминобензойная кислота, витамин U, карнитин, инозитол, пангамовая кислота. Представление о структуре, биологическая роль.

12. Токоферол. Химическая природа, участие в метаболизме, признаки гиповитаминоза, суточная потребность, основные источники витамина E.

13. Ретинол. Химическая природа, участие в метаболизме, признаки гипо- и гипервитаминоза, суточная потребность, основные источники витамина A.

14. Витамин К. Химическая природа. Биологическая роль. Признаки гиповитаминоза. Основные источники и суточная потребность. Викасол. Антивитамины.

15. Витамин D. Химическая природа, источники и суточная потребность. Образование активной формы витамина D_3 в организме. Биологическая роль. Проявления гипо- и гипервитаминоза.

16. Энергозатраты организма взрослого человека в состоянии покоя в норме и изменения их при патологии. Пути использования АТФ в состоянии покоя. Вклад в энергопродукцию белков, жиров и углеводов.

17. Метаболические процессы использования углеводов, жиров и белков в качестве источников энергии (гликогенолиз, дихотомическое расщепление глюкозы и последующее окисление ПВК, мобилизация жира из депо и β-окисление жирных кислот).

18. Метаболические процессы депонирования углеводов и липидов пищи, кетогенез.

19. Пищевая ценность углеводов, липидов и белков. Незаменимые и условно незаменимые факторы питания. Роль пищевых волокон для работы пищеварительного тракта и обменных процессов в организме.

20. Квашиоркор и маразм — клинические формы синдрома недостаточности питания. Характерные черты, сходство и принципиальные отличия.

21. Нормы потребления воды, поступление и выведение воды. Содержание и роль воды в организме.

22. Кальций, фосфор. Нормы потребления, пищевые источники, роль в метаболизме, нарушения обмена. Гормональная регуляция обмена кальция и фосфора.

23. Натрий, калий, хлор, магний, сера. Нормы потребления, пищевые источники, распределение в организме и роль этих макроэлементов в метаболизме. Na^+/K^+-АТФаза. Нарушения обмена, муковисцидоз.

24. Биологическая роль железа. Потребность и нормы потребления железа. Реутилизация железа. Обмен железа в организме (всасывание, транспорт по крови, внутриклеточный обмен). Депонирование железа. Проявления избытка железа в организме. Железодефицитные состояния и железодефицитные анемии.

25. Роль меди, цинка, селена, йода, фтора, марганца, кобальта в метаболизме тканей. Потребность и пищевые источники. Нарушения обмена.

26. Механизм действия гормонов, регулирующих водно-минеральный обмен (вазопрессина, натрийуретических пептидов, альдостерона).

27. Ренин-ангиотензиновая система и её роль в регуляции водно-солевого обмена.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму для студентов МФИУ:

1. Гемоглобин (структура, молекулярные формы гемоглобина, производные гемоглобина, аномальные формы гемоглобина). Синтез гема.

2. Механизмы транспорта кислорода и углекислого газа кровью. Пути использования кислорода в клетках.

3. Ферменты плазмы крови: секреторные, экскреторные, индикаторные (примеры ферментов, место их образования). Диагностическое значение индикаторных ферментов плазмы крови.

4. Белки плазмы крови. Основные белковые фракции: альбумин, глобулины, фибриноген (содержание, функции); альбумин-глобулиновый коэффициент и его диагностическое значение. Биологическая роль и диагностическое значение некоторых белков плазмы крови (гаптоглобин, трансферрин, церулоплазмин, α_1-ингибитор протеаз, С-реактивный белок, интерфероны, криоглобулины).

5. Гемостаз. Механизмы гемостаза. Три основных структурно-функциональных компонента гемостаза. Патологические состояния, обусловленные нарушением системы гемостаза.

6. Молекулярный механизм первичного гемостаза.

7. Свертывающая система крови (компоненты и их происхождение). Гемокоагуляция (определение, фазы образования коагуляционного тромба и их продолжительность). Внутренний и внешний механизм гемокоагуляции (схемы),

общие этапы и отличия. Роль тромбоцитов в гемокоагуляции. Физиологические концентрации фибриногена в крови. Схема превращения фибриногена в фибрин. Физиологические концентрации кальция в крови и его участие в свертывании крови. Роль витамина К в свертывании крови.

8. Антикоагулянтная система. Классификация естественных антикоагулянтов. Наиболее значимые естественные антикоагулянты, механизм их действия. Искусственные антикоагулянты (примеры). Механизм действия дикумарола и гепарина.

9. Фибринолитическая система, механизмы фибринолиза. Плазминовая система (компоненты и их происхождение, механизм действия).

10. Витамин B_1 (тиамин), B_2 (рибофлавин), пантотеновая кислота, РР (никотиновая кислота), B_6 (пиридоксин), B_9 (фолиевая кислота), B_{12} (кобаламин), Н (биотин), С (аскорбиновая кислота). Коферментные формы и участие в метаболизме, признаки гиповитаминоза, суточная потребность и пищевые источники. Блок-схемы строения коферментных форм витамина РР ($НАД^+$ и $НАДФ^+$) и витамина B_2 (ФМН и ФАД).

11. Витаминоподобные вещества: биофлавоноиды (витамин Р), холин, липоевая кислота, парааминобензойная кислота, витамин U, карнитин, инозитол, пангамовая кислота. Биологическая роль.

12. Токоферол. Химическая природа, участие в метаболизме, признаки гиповитаминоза, суточная потребность, основные источники витамина Е.

13. Ретинол. Химическая природа, участие в метаболизме, признаки гипо- и гипервитаминоза, суточная потребность, основные источники витамина А.

14. Витамин К. Химическая природа. Биологическая роль. Признаки гиповитаминоза. Основные источники и суточная потребность. Викасол. Антивитамины.

15. Витамин D. Химическая природа, источники и суточная потребность. Образование активной формы витамина D_3 в организме. Биологическая роль. Проявления гипо- и гипервитаминоза.

16. Пути использования АТФ в состоянии покоя. Вклад в энергопродукцию белков, жиров и углеводов.

17. Метаболические процессы использования углеводов, жиров и белков в качестве источников энергии (гликогенолиз, аэробное окисление глюкозы, мобилизация жира из депо и β-окисление жирных кислот).

18. Метаболические процессы депонирования углеводов и липидов пищи, кетогенез.

19. Пищевая ценность углеводов, липидов и белков. Незаменимые факторы питания. Роль пищевых волокон.

20. Квашиоркор и маразм — клинические формы синдрома недостаточности питания. Характерные черты, сходство и принципиальные отличия.

21. Нормы потребления воды, поступление и выведение воды. Содержание и роль воды в организме.

22. Кальций, фосфор. Нормы потребления, пищевые источники, роль в метаболизме, нарушения обмена. Гормональная регуляция обмена кальция и фосфора.

23. Натрий, калий, хлор, магний, сера. Нормы потребления, пищевые источники, распределение в организме и роль этих макроэлементов в метаболизме.

24. Биологическая роль железа. Потребность. Обмен железа в организме (всасывание, транспорт по крови, внутриклеточный обмен). Депонирование железа. Проявления избытка железа в организме.

25. Роль меди, цинка, селена, йода, фтора, марганца, кобальта в метаболизме тканей. Потребность и пищевые источники. Нарушения обмена.

26. Механизм действия гормонов, регулирующих водно-минеральный обмен (вазопрессина, натрийуретических пептидов, альдостерона).

27. Ренин-ангиотензиновая система и её роль в регуляции водно-солевого обмена.

БИОХИМИЯ МОЧИ

Занятие 32
БИОХИМИЯ МОЧИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И ПАТОЛОГИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ МОЧИ

Актуальность темы. Анализ мочи — обязательная составляющая плана обследования больного. На основании анализа мочи диагностируют заболевания почек — как собственно почечную патологию, так и поражение почек и мочевыводящих путей при заболеваниях других органов. Кроме того, на основании анализа мочи можно заподозрить или подтвердить наличие заболеваний печени, сердечной мышцы, поджелудочной железы, диагностировать различные виды желтухи, провести дифференциальную диагностику сахарного и несахарного диабета, определить тип некоторых гормональных нарушений и т. д.

Цель занятия: научиться применять знания о физиологических и патологических компонентах мочи для решения вопросов диагностики, профилактики и прогноза заболеваний, связанных с почечной и внепочечной патологией.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы необходимо повторить из:

- *нормальной физиологии человека*:
  - механизм образования мочи почками;
- *гистологии*:
  - строение нефрона.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ИСХОДНОГО УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Задание 1. Под действием гидростатического давления кровь фильтруется через полупроницаемую мембрану и попадает в пространство капсулы Шумлянского–Боумена — это первичная моча. Каков ее качественный состав?

А. Содержит форменные элементы крови.

Б. Аналогична составу крови, но не содержит белков и форменных элементов.

В. Аналогична составу крови и содержит белки с молекулярной массой до 70 кДа, но отсутствуют форменные элементы.

Г. Состав первичной мочи отличается от состава плазмы крови по всем компонентам.

Задание 2. Каналец нефрона состоит из 3-х отделов: проксимального канальца, петли Генле и дистального канальца. В канальцах первичная моча подвергается реабсорбции. Параллельно осуществляется и секреция определенных веществ. Какое количество глюкозы реабсорбируется в проксимальном канальце здоровой почки?

А. 100 % при нормогликемии.

Б. 50 % при нормогликемии.

В. 100 % при содержании глюкозы в крови > 10 ммоль/л.

Задание 3. В дистальном канальце нефрона наряду с процессами, связанными с разведением и концентрированием мочи, осуществляются реабсорбционные и секреторные процессы, главная задача которых — сохранить кислотно-щелочное состояние организма и, в частности, постоянство pH крови. Какие ионы секретируются канальцами?

А. K^+. В. H^+. Д. Cl^-.

Б. Na^+. Г. NH_4^+. Е. HPO_3^-.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

Вопросы для обсуждения:

1. Нормальные показатели объема мочи, ее плотности, цвета, прозрачности. Факторы, обусловливающие изменения показателя кислотности мочи.

2. Неорганические составные части мочи.

3. Органические составные части мочи в норме: мочевина, мочевая кислота, креатинин, аминокислоты, безазотистые органические компоненты мочи, гормоны и их метаболиты.

4. Диагностическое значение определения в моче аминокислот, которыми богаты специализированные белки: гидроксипролина (в коллагене), 3-метилгистидина (в актине и миозине). Определение метаболитов аминокислот для диагностики фенилкетонурии (нарушение обмена фенилаланина), алкаптонурии (нарушение обмена тирозина), гиперпролинурии (нарушение окисления пролина), цитруллинурии (нарушение синтеза мочевины).

5. Диагностическое значение определения патологических составных частей мочи:

а) протеинурия почечная и внепочечная; ферменты, определяемые в моче с диагностической целью;

б) глюкозурия при сахарном диабете и почечная глюкозурия;

в) гематурия почечная и внепочечная, гемоглобинурия;

г) кетонурия при голодании, диабете, ацидозах иного происхождения;

д) желчные пигменты, определяемые с целью дифференциальной диагностики желтух, порфирины.

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Основная

1. *Биологическая* химия : учебник / А. Д. Таганович, Е. А. Девина, Е. А. Хотько. Минск : Новое знание, 2024. С. 323, 375–379, 751–755, 770, 862.

2. *Биологическая* химия / В. К. Кухта [и др.]. Москва : Бином, Минск : Асар, 2008. С. 599–606.

3. *Биологическая* химия / А. Д. Таганович [и др.]. Минск : Выш. шк.., 2013. С. 541–543.

Дополнительная

1. *Чиркин, А. А.* Диагностический справочник терапевта / А. А. Чиркин, А. Н. Окороков, И. И. Гончарик. Минск : Беларусь, 1993. С. 369–390.

2. *Камышников, В. С.* Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике / В. С. Камышников. Минск : Беларусь, 2000. С. 171–208, 275–347, 358–428.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание 1. Чтобы заподозрить у больного сахарный диабет, обратите внимание на объем выделяемой мочи и ее удельный вес. При диабете, несмотря на большую суточную экскрецию мочи, ее удельный вес остается высоким. Для уточнения диагноза необходимо определить содержание глюкозы в моче и сравнить эти данные с результатами определения уровня гликемии.

1.1. Подберите пару симптомов, характерных для диабета:

1. Суточный диурез 6 л.	А. D мочи = 1,02.
2. Суточный диурез 2 л.	Б. D мочи = 1,012.
3. Суточный диурез 1 л.	В. D мочи = 1,05.
4. Суточный диурез 20 л.	Г. D мочи = 1,5.

1.2. Подберите пару симптомов, характерных для диабета:

1. Глюкозурия — нет.	А. Гликемия 5,5 ммоль/л.
2. Глюкозурия — 1 %.	Б. Гликемия 15,0 ммоль/л.
3. Глюкозурия — следы.	В. Гликемия 8,0 ммоль/л.

Задание 2. Для дифференциальной диагностики различного рода желтух изучают цвет мочи и определяют в ней наличие желчных пигментов.Вспомните, каким образом осуществляется распад желчных пигментов, содержание каких соединений увеличивается в крови и моче, каким образом изменяется цвет стула. Следует помнить, что через почечный фильтр способен проникать связанный билирубин (в отличие от свободного билирубина, не способного преодолевать почечный «фильтр», молекула диглюкуронида билирубина мала).

2.1. Подберите параметры анализа мочи, характерные для механической желтухи:

1. Моча «цвета пива».	А. Билирубин.
2. Моча соломенно-желтая.	Б. Уробилин.
3. Моча красного цвета.	В. Стеркобилин.
4. Светло-желтая моча.	Г. Уропорфирин.

Задание 3. Диагностика панкреатита во многом основывается на определении активности ферментов мочи. Вспомните, какие ферменты, способные перейти в мочу, секретирует поджелудочная железа. Назовите фермент, активность которого обязательно определяется в моче при панкреатите:

А. Фосфорилаза.
Б. Амилаза.
В. Лактатдегидрогеназа.
Г. Пепсин.
Д. Сахараза.

Правильность решений проверьте, сопоставив их с ответами.

ПРОВЕРЬТЕ СВОИ ЗНАНИЯ (САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ)

Задание 1. В клинику поступил больной с жалобами на обильное и частое мочеиспускание, жажду, которые его беспокоят даже ночью. Суточное количество мочи = 10 л с низкой относительной плотностью. Каков предположительный диагноз?

А. Сахарный диабет.
Б. Несахарный диабет.
В. Болезнь Иценко–Кушинга.
Г. Болезнь Аддисона.
Д. Микседема.

Задание 2. У больного острым гломерулонефритом суточное количество мочи = 500 мл. Как называется этот симптом?

А. Анурия.
Б. Полиурия.
В. Олигурия.
Г. Никтурия.
Д. Изостенурия.

Задание 3. У больного острым гломерулонефритом выявлена макрогематурия. Какой цвет мочи у данного больного?

А. Красный.
Б. Коричневый.
В. Черный.
Г. Розовый.
Д. Цвета мясных помоев.

Задание 4. У больного в результате отравления солями свинца в моче появилось много протопорфиринов. Какой цвет мочи у данного больного?

А. Зеленый.
Б. Темно-красный.
В. Черный.
Г. Розовый.
Д. Цвета мясных помоев.

Задание 5. У больного инфекционным гепатитом с желтухой в моче выявлено высокое содержание билирубина. Какой цвет мочи у данного больного?

А. Соломенно-желтый.
Б. Коричневый.
В. Черный.
Г. Розовый.
Д. Цвета мясных помоев.

Задание 6. У больного хроническим нефритом выявлено нарушение концентрационной функции почек. Как называется это состояние?

А. Никтурия.
Б. Изостенурия.
В. Олигурия.
Г. Анурия.
Д. Полиурия.

Задание 7. У больного в моче содержание мочевой кислоты составило 9,5 ммоль/24 ч. Какую патологию можно заподозрить?

А. Кахексия.
Б. Оротатацидурия.
В. Почечная недостаточность.
Г. Печеночная недостаточность.
Д. Подагра.

Задание 8. Больному, страдающему хроническим гепатитом, была проведена нагрузка бензоатом натрия. При этом об обезвреживающей функции печени судили на основании обнаружения в моче:

А. Бензойной кислоты.
Б. Лимонной кислоты.
В. Валериановой кислоты.
Г. Гиппуровой кислоты.
Д. Щавелевой кислоты.

Задание 9. Содержание какого из продуктов белкового обмена повысилось в моче у спортсмена с развитой мускулатурой после спортивных соревнований?

А. Мочевой кислоты.
Б. Креатина.
В. Креатинина.
Г. Мочевины.
Д. Аммиака.

Задание10. Для уточнения диагноза «прогрессирующая мышечная дистрофия» у больного был сделан анализ мочи. Какое соединение при этом будет обнаруживаться в моче?

А. Порфирины.
Б. Креатин.
В. Креатинин.
Г. Миоглобин.
Д. Кальмодулин.

Ситуационная задача.

Рассмотрите показатели мочи пациентов. Для каждого пациента напишите показатели, которые соответствуют нормальным значениям, и показатели, которые не соответствуют норме. О наличие какой патологии могут свидетельствовать данные отклонения?

Показатель	Нормальные величины	Пациент 1	Пациент 2
Количество мочи	800–1500 мл	1650	1300
Относительная плотность	1015–1025 г/л	1040	1015
Цвет	Соломенно-желтый	Светло-желтый	Темно-коричневый
Прозрачность	Прозрачная	Прозрачная	Прозрачная
Реакция (pH)	Нейтральная или слабокислая	Слабокислая	Нейтральная
Белок	Отсутствует	Нет	Нет
Глюкоза	Отсутствует	5,6 ммоль/л	Нет
Желчные пигменты (уробилин)	Отсутствуют	Отсутствуют	+++
Общий азот мочи	400–1200 ммоль/сут	1500	250
Кетоновые тела	–	+++	–

Ответы к решению заданий

***Для самопроверки исходного уровня знаний*:**

1 — В. 2 — А. 3 — А, В, Г.

***Для самостоятельной работы*:**

1.1. 1 – Г; 1.2. 2 – Б. 2.1. 1 – А. 3 — Б.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (120 минут)

Работа 1. Определение удельного веса (плотности) мочи.

Поскольку отдельные порции мочи отличаются по удельному весу и химическому составу, удельный вес определяют в моче, собранной за сутки. В норме удельный вес мочи коррелирует с количеством «суточной» мочи и составляет 1,010–1,025. При различных состояниях он может колебаться от 1,000 до 1,060.

Ход работы. В цилиндр наливают мочу и осторожно погружают в нее урометр. Отсчет ведется по делению шкалы урометра, соответствующему нижнему мениску жидкости.

Результат:

Работа 2. Определение кислотности мочи.

В норме реакция мочи слабокислая.

Ход работы. На лакмусовую бумажку наносят каплю мочи и определяют ее реакцию:

1) синяя лакмусовая бумага краснеет, красная не изменяет цвета — кислая реакция;

2) красная бумага синеет, синяя не изменяет цвета — щелочная реакция;

3) обе бумаги не изменяют своего цвета — нейтральная реакция.

Можно использовать и другие индикаторные бумаги.

Результат:

Работа 3. Качественное определение неорганических составных частей мочи.

Из минеральных солей более всего с мочой выделяется хлористого натрия — 8–15 г/сут.

3.1. ***Определение хлоридов***. Ионы хлора реагируют с азотнокислым серебром с образованием осадка хлористого серебра, не растворяющегося в азотной кислоте.

Ход работы. К 1 мл мочи (20 капель) добавляют 3–5 капель 1 % раствора $AgNO_3$ и 2 капли 10 % раствора азотной кислоты. Выпадает белый осадок AgCl, темнеющий на свету, нерастворимый в азотной кислоте.

3.2. ***Определение сульфатов***. В кислой среде сульфаты с хлористым барием образуют белый осадок $BaSO_4$.

Ход работы. К 20 каплям мочи приливают 5 капель 10 % раствора HCl и по каплям, медленно, добавляют раствор $BaCl_2$ до образования осадка.

3.3. ***Определение фосфатов***. Фосфаты мочи при реакции с молибденовым реактивом
образуют желтый кристаллический осадок фосфорномолибденовокислого аммония.

Ход работы. В пробирку наливают 20–30 капель молибденового реактива и нагревают раствор до закипания (не кипятить). Затем добавляют несколько капель мочи. Выпадает желтый осадок фосфорномолибденовокислого аммония.

3.4. ***Определение кальция***. Кальций мочи выпадает в осадок при добавлении щавелевокислого аммония.

Ход работы. К 20 каплям мочи приливают 1–2 капли 10 % раствора уксусной кислоты и 2–3 капли 5% раствора щавелевокислого аммония. Выпадает кристаллический осадок щавелевокислого кальция.

Результаты:

Работа 4. Качественное определение органических составных частей мочи.

4.1. ***Определение белка.*** В норме в моче определяются следы белка.

4.1.1. Проба Геллера. Под действием азотной кислоты белок образует нерастворимый осадок.

Ход работы. В пробирку осторожно наливают около 1 мл концентрированной HNO_3 и сверху наслаивают 1 мл мочи. При наличии в моче белка на границе жидкостей появляется мутное беловатое кольцо.

4.1.2. Осаждение белка сульфосалициловой кислотой. Эта проба является самой чувствительной реакцией на белок.

Ход работы. К 20 каплям мочи добавляют 5 капель 20 % раствора сульфосалициловой кислоты. Выпадает осадок белка (помутнение раствора).

4.2. ***Определение глюкозы.*** В норме глюкоза в моче не определяется. Для качественного определения глюкозы в моче пользуются следующими реакциями:

4.2.1. Реакция Троммера. В щелочной среде в присутствии глюкозы при добавлении $CuSO_4$ образуется желтый осадок гидрата закиси меди или красный осадок закиси меди.

Ход работы. К 5 каплям исследуемой мочи прибавляют 5 капель 10 % раствора NaOH и 5 капель 1 % раствора сернокислой меди. Нагревают.

4.2.2. Реакция Фелинга. Проба основана на том же принципе, что и реакция Троммера. Преимущество этой реакции заключается в том, что сегнетова соль в составе реактива Фелинга связывает избыток гидрата окиси меди, из которого при нагревании образуется окись меди черного цвета, мешающая реакции.

Ход работы. К 20 каплям исследуемой мочи приливают равный объем жидкости Фелинга и нагревают до кипения.

4.2.3. Реакция Ниландера. В реактив Ниландера входит азотнокислый висмут. В щелочной среде образуется гидрат окиси висмута, который, восстанавливаясь в присутствии глюкозы до металлического висмута, окрашивает жидкость в черный цвет.

Ход работы. К 20 каплям исследуемой мочи приливают 10–20 капель реактива Ниландера и кипятят 1–2 мин. Жидкость буреет, затем образуется черный осадок металлического висмута.

4.3. ***Определение кровяных пигментов***. В норме в моче кровяных пигментов нет.

Ход работы. *Гваяковая проба*. Гваяковая смола в присутствии пероксида водорода под влиянием пероксидазы крови восстанавливается в азонид гваяковой смолы, имеющий синий цвет.

В пробирку наливают 20 капель мочи, 5 капель гваяковой смолы и несколько капель H_2O_2. В присутствии крови появляется синее окрашивание.

4.4. ***Определение кетоновых тел***. Кетоновые тела обнаруживаются в моче при диабете, голодании и других ацидотических состояниях. Метод основан на цветной реакции, которую дают кетоновые тела с нитропруссидом натрия.

Ход работы. К 2 каплям мочи добавляют 2 капли 10 % NaOH и 2 капли нитропруссида натрия. Появляется оранжево-красное окрашивание. Добавляют 6 капель концентрированной уксусной кислоты — появляется вишневое окрашивание.

Результаты:

Работа 5. Количественное определение органических составных частей мочи.

5.1. ***Определение содержания глюкозы в моче ферментативным (глюкозооксидазным) методом***. В норме глюкоза в моче присутствует в следовых количествах и обычными методами не определяется.

Принцип метода. Метод основан на следующих ферментативных реакциях:

$$\text{Глюкоза} + H_2O + O_2 \xrightarrow[\textit{Глюкозооксидаза}]{} \text{Глюконолактон} + H_2O_2$$

$$H_2O_2 + \text{4-аминоантипирин} + \text{фенол} \xrightarrow[\textit{Пероксидаза}]{} \text{Хинонимин} + 4H_2O$$

Образующийся продукт имеет розовую окраску. Интенсивность окраски прямо пропорциональна концентрации глюкозы и измеряется фотометрически.

Схема постановки опыта:

	Опытная проба, мл	**Стандартная проба, мл**
В центрифужные пробирки вносят:		
Моча	0,1	—
Стандартный раствор глюкозы	—	0,1
Дистиллированная вода	1,0	1,0
Перемешивают		
Полученный раствор отбирают в сухие пробирки	0,2	0,2
Рабочий раствор ферментов	2,0	2,0
Перемешивают и инкубируют реакционную смесь 10 мин при 37 °С		

По окончании инкубации измеряют оптическую плотность опытной и стандартной проб на колориметре (длина волны 490–540 нм) в кюветах 5 мм против контроля.

Контрольная проба содержит 0,2 мл воды и 2,0 мл рабочего раствора ферментов. Контрольную пробу можно готовить одну на группу.

Расчет производят по формуле:

$$C_{оп} = E_{оп} \cdot C_{ст} / E_{ст},$$

где $C_{оп}$ — концентрация глюкозы в моче (ммоль/л); $C_{ст}$ — концентрация глюкозы в стандартном растворе (5,55 ммоль/л); $E_{оп}$ — экстинкция опытной пробы; $E_{ст}$ — экстинкция стандартной пробы.

Проводят расчет суточного выделения глюкозы с мочой (с учетом диуреза 1200–1500 мл).

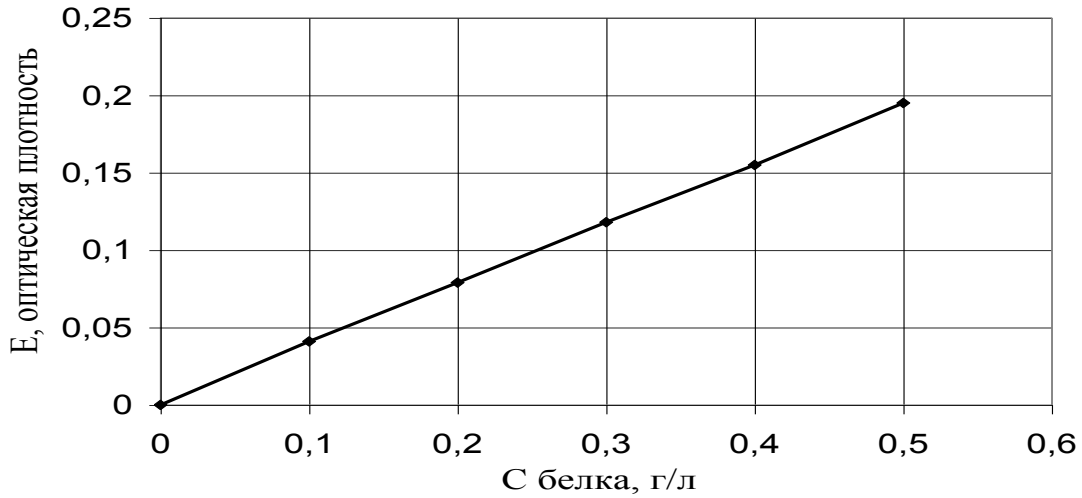
Результат: Еоп = Ест. =

Расчет:

5.2. ***Определение концентрации белка в моче.***

Принцип метода. Метод основан на способности сульфосалициловой кислоты реагировать с белком, вызывая помутнение, интенсивность которого пропорциональна содержанию белка в моче.

Ход работы. К 1 мл мочи добавляют 3 мл 3 % раствора сульфосалициловой кислоты, смесь перемешивают и через 5 мин измеряют оптическую плотность содержимого пробирки на колориметре при красном светофильтре (длина волны 630–650 нм) в кювете шириной 10 мм против контрольной пробы (контрольная проба: к 1 мл мочи добавляют 3 мл изотонического раствора NaCl). Расчет производят по калибровочному графику. Расчет суточных потерь белка проводят с учетом диуреза (1200–1500 мл).



Калибровочный график для определения содержания общего белка в моче

Результат: Е = *С г/л* =

Клинико-диагностичекое значение. В моче в норме содержатся «следы белка» (альбумин и глобулины, не более 0,15 г/сут). Повышенное содержание белка в моче — **протеинурия** — отражает нарушение баланса между процессами его фильтрации и реабсорбции и отмечается при заболеваниях почек, мочевыводящих путей, усиленном распаде белков тканей. Функциональные почечные протеинурии связаны с увеличением проницаемости почечного фильтра либо замедлением тока крови в клубочках (под влиянием переохлаждения, физического и психического перенапряжения).

Выводы:

Подпись преподавателя:

Занятие 33
КОНТРОЛЬ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО БЕЛКА И ХОЛЕСТЕРОЛА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ

Актуальность темы. Качественный и количественный биохимический анализ находит широкое применение в клинических, медико-биологических и санитарно-гигиенических исследованиях. Так, биуретовая реакция лежит в основе метода количественного определения общего белка в сыворотке крови. Количественное определение концентрации холестерола в сыворотке крови является важным показателем нарушения липидного обмена и диагностики атеросклероза.

Цель занятия: закрепить приобретенные практические навыки качественного и количественного биохимического анализа; проведением определения содержания общего белка и холестерола в сыворотке крови проверить умение студентов применять методы количественного анализа для решения прикладных медицинских аспектов.

Требования к исходному уровню знаний. Для качественного выполнения заданий необходимо вспомнить из:

- *биоорганической химии*:
  - метод проведения биуретовой реакции на белки;
- *медицинской и биологической физики*:
  - устройство и принцип работы колориметра.

Лабораторная работа (135 минут)

Работы выполняются по индивидуальным заданиям.

Работа 1. Количественное определение общего белка в сыворотке крови биуретовым методом.

Принцип метода. Метод основан на образовании окрашенного в фиолетовый цвет комплекса пептидных связей белка с ионами двухвалентной меди (сульфата меди) в щелочной среде. Интенсивность окраски раствора прямо пропорциональна концентрации белка в сыворотке и определяется фотометрически.

Порядок выполения работы. Каждый студент получает пробирку, содержащую 0,1 мл исследуемой сыворотки (опытная проба). Во вторую пробирку вносят 0,1 мл стандартного раствора белка с концентрацией 100 г/л (стандартная проба). В третью пробирку отмеривают 0,1 мл 0,9 % раствора хлорида натрия (контрольная проба, которую можно сделать одну на всю группу). Во все пробирки приливают по 5 мл биуретового реактива. Содержимое пробирок осторожно перемешивают, избегая образования пены, и через 30 мин фотометрируют опытную и стандартную пробы в кюветах 10 мм при зеленом светофильтре (длина волны — 540 нм) против контрольного раствора. Определив экстинкцию проб, рассчитывают концентрацию белка (г/л) в исследуемой сыворотке по формуле:

$$C_{оп}\ (г/л) = (E_{оп}/E_{ст}) \cdot C_{ст},$$

где $C_{оп}$ — концентрация белка в исследуемой сыворотке; $C_{ст}$ — концентрация стандартного раствора белка (100 г/л); $E_{оп}$ — оптическая плотность опытной пробы; $E_{ст}$ — оптическая плотность стандартной пробы.

Результат: Еоп = Ест. =

Расчет:

Вывод:

Работа 2. **Определение концентрации общего холестерола в сыворотке крови ферментативным методом.**

***Ход работы*:** см. Инструкцию к практическому занятию № 15 «Определение концентрации общего холестерола в сыворотке крови ферментативным методом». Контрольную пробу можно готовить одну на группу.

Результат: **Еоп. =** **Ест. =**

***Расчет*:** С холест. (ммоль/л) = 5,17 × (Е пробы / Е станд.)

Вывод:

Подпись преподавателя:

Занятие 34
КОНТРОЛЬ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА. АНАЛИЗ ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА И МОЧИ

Актуальность темы. В процессе изучения биологической химии студенты приобрели
начальные знания и практические навыки качественного и количественного биохимического анализа, который находит широкое применение в лабораторной диагностике, например, анализы желудочного сока и мочи. В дальнейшем, в ходе изучения клинических дисциплин, будет осуществляться расширение и закрепление знаний по биохимической лабораторной диагностике.

Цель занятия: проверить:

1) навыки студентов в проведении качественного и количественного анализа биологических жидкостей;

2) умение ориентироваться в результатах анализа и давать им правильную оценку;

3) понимание происхождения и диагностического значения патологических компонентов анализируемых биологических жидкостей.

Требования к исходному уровню знаний. Для качественного выполнения задания необходимо вспомнить из:

- *общей химии*:
  - основы качественного и количественного анализа;
- *биологической химии*:
  - физико-химические свойства и состав желудочного сока в норме и патологии;
  - физико-химические свойства и состав мочи в норме и патологии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (135 минут)

Работы выполняются по индивидуальным заданиям.

Работа 1. Определение кислотности желудочного сока.

В исследуемой пробе желудочного сока определяют содержание свободной и связанной соляной кислоты, а также общую кислотность, используя методики занятия **№ 17**. Полученный результат выражают в ммоль/л.

Результат:

	Свободная HCl	**Связанная HCl**	**Общая кислотность**
Желудочный сок №	A_1 = X (ммоль/л) =	A_2 = $A_2 - A_1$ = X (ммоль/л) =	A_3 = X (ммоль/л) =

Вывод:

Работа 2. Определение патологических примесей в моче.

В исследуемой пробе мочи с помощью качественных реакций выявляют наличие патологических примесей (глюкозы, кетоновых тел, белка и эритроцитов). Если в моче присутствуют глюкоза или белок, проводят количественное определение этих веществ. Для исследования мочи используют методики, описанные в занятии **№ 32.**

Результат:

Качественные реакции	**Количественное определение**		
Белок:	Белок:	$E_{оп.}$=	$C_{оп.}$=
Глюкоза:			
Кетоновые тела:	Глюкоза:	$E_{оп.}$=	$E_{ст.}$=
Кровь:		$C_{оп.}$=	

Вывод:

Подпись преподавателя:

ПРИМЕРЫ КЛИНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Клиническая задача 1

Охарактеризуйте изменения концентрации общего белка и альбумина в сыворотке крови пациента. Объясните возможные причины данных изменений.

Что такое парапротеинемии?

Объясните увеличение активности ЛДГ (лактатдегидрогеназы) при развитии онкопатологии.

Биохимический анализ крови. Заказ на

ФИО _____ Отделение Гематология 2

Пол женский Возраст (63 года) № ИБ Направивший врач

Диагноз Множественная миелома

Анализатор Architect c8000 SID 491350 Дата

Показатель	Результат		Ед. измер.	Референтные значения
Общий белок	81	↑	г/л	60-78 г/л (от 60 лет)
Альбумин	26	↓	г/л	32-46 г/л (60-90 лет)
Билирубин общий	5,8		мкмоль/л	3,4-20,5 мкмоль/л
Мочевина	15	↑	ммоль/л	2,1-8,2 ммоль/л (от 20 лет)
Креатинин	102,5		мкмоль/л	44,2-106,1 мкмоль/л
Глюкоза	5,05		ммоль/л	4,44-6,38 ммоль/л (60-70 лет)
Общий кальций	1,58	↓	ммоль/л	2,2-2,5 ммоль/л (от 60 лет)
Железо	10,9		мкмоль/л	9-30,4 мкмоль/л (от 20 лет)
АСТ	16		Е/л	5-34 Е/л
АЛТ	19		Е/л	0-55 Е/л
ЛДГ	403	↑	Е/л	125-220 Е/л
КК	94		Е/л	29-168 Е/л
КК-МБ	30	↑	Е/л	0-24 Е/л
КК ratio	31,915		%	
Иммуноглобулин Ig M	0,1	↓	г/л	0,33-2,93 г/л
Иммуноглобулин Ig A	0,32	↓	г/л	0,65-4,21 г/л
Иммуноглобулин Ig G	42,51	↑	г/л	5,52-16,31 г/л
С-реактивный белок	34,6	↑	мг/л	0-5 мг/л
Ревматоидный фактор	4,9		IU/ml	0-30 IU/ml
b2-микроглобулин	4,991	↑	мг/л	0,97-2,64 мг/л
% насыщения трансферрином	25,5		%	8-50 %
Трансферрин	170,03	↓	мг/дл	180-382 мг/дл
Гаптоглобин	309,46	↑	мг/дл	35-250 мг/дл
Ферритин	471,5	↑	нг/мл	20-300 нг/мл (от 50 лет)
Цистатин С	1,99	↑	мг/л	0,4-0,99 мг/л
Каппа-легкие цепи	4,94	↓	мг/дл	122-437 мг/дл
Лямбда - легкие цепи	899,44	↑	мг/дл	62-231 мг/дл
СКФ цистатин С	29,685		мл/мин	

Клиническая задача 2

О какой патологии могут свидетельствовать изменения в биохимическом анализе крови пациента, выделенные в рамке?

В каком органе происходит образование креатинина? Каким образом происходит удаление данного метаболита из организма человека? Назовите субстрат образования креатинина и его биологическую роль в организме?

Биохимический анализ крови. Заказ на

ФИО _____ Категория амбулаторный Направлен

Пол женский Возраст (50 лет) № Направивший врач

№ паспорта

Анализатор Architect c8000 SID 416119 Дата

Показатель	Результат		Ед. измер.	Референтные значения
Общий белок	70		г/л	60-78 г/л (14-60 лет)
Альбумин	38		г/л	35-52 г/л (18-60 лет)
Билирубин общий	6,7		мкмоль/л	3,4-20,5 мкмоль/л
Билирубин прямой	2,63		мкмоль/л	0-8,6 мкмоль/л
Мочевая кислота	299,1		мкмоль/л	150-370 мкмоль/л
Мочевина	16,5	↑	ммоль/л	2,1-8,2 ммоль/л (от 20 лет)
Креатинин	810,7	↑	мкмоль/л	44,2-106,1 мкмоль/л
Холестерин	5,58	↑	ммоль/л	3,6-5,17 ммоль/л
Триглицериды	2,45	↑	ммоль/л	0-1,68 ммоль/л
Глюкоза	5,83		ммоль/л	3,89-5,83 ммоль/л (14-60 лет)
Общий кальций	2,87	↑	ммоль/л	2,1-2,6 ммоль/л (12-60 лет)
Фосфор	1,72	↑	ммоль/л	0,74-1,52 ммоль/л
Железо	15,8		мкмоль/л	9-30,4 мкмоль/л (от 20 лет)
Амилаза	84		Е/л	25-101 Е/л (1-135 лет)
АСТ	19		Е/л	5-34 Е/л
АЛТ	14		Е/л	0-55 Е/л
Щелочная фосфатаза	92		Е/л	46-122 Е/л (от 30 лет)
ЛДГ	210		Е/л	125-220 Е/л
С-реактивный белок	3,2		мг/л	0-5 мг/л

Клиническая задача 3

О какой патологии могут свидетельствовать изменения в биохимическом анализе крови пациента, выделенные в рамке?

Назовите возможную причину гипопротеинемии. В каком органе происходит синтез прямого билирубина? Что значит показатель «прямой билирубин»? Каким образом происходит удаление данного метаболита из организма человека? Нарисуйте схему образования билирубина. Назовите ключевой фермент.

Биохимический анализ крови. Заказ на

ФИО _____ Отделение

Пол женский Возраст 36 лет) № ИБ Направивший врач

Диагноз

Анализатор Architect c4000 SID 007079 Дата

Показатель	Результат	Ед. измер.	Референтные значения
Общий белок	48 ↓	г/л	60-78 г/л
Альбумин	21 ↓	г/л	35-50 г/л (14-60 лет)
Билирубин общий	199,5 ↑	мкмоль/л	3,4-20,5 мкмоль/л
Билирубин прямой	139,5 ↑	мкмоль/л	0-8,6 мкмоль/л
Мочевина	36,8 ↑	ммоль/л	2,1-8,2 ммоль/л (от 20 лет)
Креатинин	69,7	мкмоль/л	44,2-106,1 мкмоль/л
Глюкоза	5,3	ммоль/л	3,89-5,83 ммоль/л (14-60 лет)
Калий	3,6	ммоль/л	3,5-5,1 ммоль/л (0-130 лет)
Натрий	150 ↑	ммоль/л	136-145 ммоль/л (0-130 лет)
Хлориды	109 ↑	ммоль/л	98-107 ммоль/л (0-130 лет)
АСТ	157 ↑	Е/л	11-34 Е/л
АЛТ	107 ↑	Е/л	0-33 Е/л
ЛДГ	1243 ↑	Е/л	125-220 Е/л
КК	159,2	Е/л	29-168 Е/л
С-реактивный белок	28,7 ↑	мг/л	0-5 мг/л

Клиническая задача 4

О какой патологии могут свидетельствовать изменения в биохимическом анализе крови пациента, выделенные в рамке?

В каком органе происходит образование мочевины? Каким образом происходит удаление данного метаболита из организма человека? Нарисуйте схему образования мочевины. Назовите ключевой фермент.

Биохимический анализ крови. Заказ на

ФИО _____ Категория амбулаторный Направлен

Пол женский Возраст (50 лет) № Направивший врач

№ паспорта

Анализатор Architect c8000 SID 416119 Дата

Показатель	Результат		Ед. измер.	Референтные значения
Общий белок	70		г/л	60-78 г/л (14-60 лет)
Альбумин	38		г/л	35-52 г/л (18-60 лет)
Билирубин общий	6,7		мкмоль/л	3,4-20,5 мкмоль/л
Билирубин прямой	2,63		мкмоль/л	0-8,6 мкмоль/л
Мочевая кислота	299,1		мкмоль/л	150-370 мкмоль/л
Мочевина	16,5	↑	ммоль/л	2,1-8,2 ммоль/л (от 20 лет)
Креатинин	810,7	↑	мкмоль/л	44,2-106,1 мкмоль/л
Холестерин	5,58	↑	ммоль/л	3,6-5,17 ммоль/л
Триглицериды	2,45	↑	ммоль/л	0-1,68 ммоль/л
Глюкоза	5,83		ммоль/л	3,89-5,83 ммоль/л (14-60 лет)
Общий кальций	2,87	↑	ммоль/л	2,1-2,6 ммоль/л (12-60 лет)
Фосфор	1,72	↑	ммоль/л	0,74-1,52 ммоль/л
Железо	15,8		мкмоль/л	9-30,4 мкмоль/л (от 20 лет)
Амилаза	84		Е/л	25-101 Е/л (1-135 лет)
АСТ	19		Е/л	5-34 Е/л
АЛТ	14		Е/л	0-55 Е/л
Щелочная фосфатаза	92		Е/л	46-122 Е/л (от 30 лет)
ЛДГ	210		Е/л	125-220 Е/л
С-реактивный белок	3,2		мг/л	0-5 мг/л

Клиническая задача 5

О какой патологии могут свидетельствовать изменения в биохимическом анализе крови пациента, выделенные в рамке?

Назовите возможные физиологические последствия гипопротеинемии, гипоальбуминемии. Расшифруйте аббревиатуры АЛТ и АСТ. Напишите реакции, катализируемые данными ферментами, назовите коферменты.

Биохимический анализ крови. Заказ на

ФИО _____ Отделение

Пол женский Возраст 36 лет) № ИБ Направивший врач

Диагноз

Анализатор Architect c4000 SID 007079 Дата

Показатель	Результат		Ед. измер.	Референтные значения
Общий белок	48	↓	г/л	60-78 г/л
Альбумин	21	↓	г/л	35-50 г/л (14-60 лет)
Билирубин общий	199,5	↑	мкмоль/л	3,4-20,5 мкмоль/л
Билирубин прямой	139,5	↑	мкмоль/л	0-8,6 мкмоль/л
Мочевина	36,8	↑	ммоль/л	2,1-8,2 ммоль/л (от 20 лет)
Креатинин	69,7		мкмоль/л	44,2-106,1 мкмоль/л
Глюкоза	5,3		ммоль/л	3,89-5,83 ммоль/л (14-60 лет)
Калий	3,6		ммоль/л	3,5-5,1 ммоль/л (0-130 лет)
Натрий	150	↑	ммоль/л	136-145 ммоль/л (0-130 лет)
Хлориды	109	↑	ммоль/л	98-107 ммоль/л (0-130 лет)
АСТ	157	↑	Е/л	11-34 Е/л
АЛТ	107	↑	Е/л	0-33 Е/л
ЛДГ	1243	↑	Е/л	125-220 Е/л
КК	159,2		Е/л	29-168 Е/л
С-реактивный белок	28,7	↑	мг/л	0-5 мг/л

Клиническая задача 6

О какой патологии могут свидетельствовать изменения в биохимическом анализе крови пациента, выделенные в рамке?

Напишите реакцию, катализируемую креатинкиназой (КК). Какие изоформы данного фермента вы знаете? О повреждении какого органа свидетельствует увеличение концентрации изоформы КК-МВ?

Биохимический анализ крови. Заказ на

ФИО _____ Отделение Палата

Пол мужской Возраст (64 года) № ИБ Направивший врач

Анализатор Architect c4000 SID 012815 Дата

Показатель	Результат	Ед. измер.	Референтные значения
Общий белок	68	г/л	60-78 г/л
Билирубин общий	12,9	мкмоль/л	3,4-20,5 мкмоль/л
Билирубин прямой	5,04	мкмоль/л	0-8,6 мкмоль/л
Мочевина	8,5 ↑	ммоль/л	2,1-8,2 ммоль/л (от 20 лет)
Креатинин энзим.	145,1 ↑	мкмоль/л	64-104 мкмоль/л
Глюкоза	8,34 ↑	ммоль/л	4,44-6,38 ммоль/л (60-70 лет)
Калий	5,9 ↑	ммоль/л	3,5-5,1 ммоль/л (0-130 лет)
Натрий	137	ммоль/л	136-145 ммоль/л (0-130 лет)
Хлориды	102	ммоль/л	98-107 ммоль/л (0-130 лет)
Магний	0,42 ↓	ммоль/л	0,66-1,07 ммоль/л
АСТ	51 ↑	Е/л	11-34 Е/л
АЛТ	51 ↑	Е/л	0-44 Е/л
ГГТП	34	Е/л	12-55 Е/л
КК	172,8	Е/л	30-200 Е/л
КК-МВ	38,2 ↑	Е/л	менее 25 Е/л
КК ratio	22,106	%	
С-реактивный белок	12,7 ↑	мг/л	0-5 мг/л

Клиническая задача 7

О какой патологии могут свидетельствовать изменения в биохимическом анализе крови пациента, выделенные в рамке?

Расшифруйте аббревиатуры АЛТ и АСТ. Напишите реакции, катализируемые данными ферментами, назовите коферменты. Что такое коэффициент де Ритиса? Какие изменения данного коэффициента возможны при развитии инфаркта миокарда?

Биохимический анализ крови. Заказ на

ФИО _____ Отделение Палата

Пол мужской Возраст (64 года) № ИБ Направивший врач

Анализатор Architect c4000 SID 012815 Дата

Показатель	Результат		Ед. измер.	Референтные значения
Общий белок	68		г/л	60-78 г/л
Билирубин общий	12,9		мкмоль/л	3,4-20,5 мкмоль/л
Билирубин прямой	5,04		мкмоль/л	0-8,6 мкмоль/л
Мочевина	8,5	↑	ммоль/л	2,1-8,2 ммоль/л (от 20 лет)
Креатинин энзим.	145,1	↑	мкмоль/л	64-104 мкмоль/л
Глюкоза	8,34	↑	ммоль/л	4,44-6,38 ммоль/л (60-70 лет)
Калий	5,9	↑	ммоль/л	3,5-5,1 ммоль/л (0-130 лет)
Натрий	137		ммоль/л	136-145 ммоль/л (0-130 лет)
Хлориды	102		ммоль/л	98-107 ммоль/л (0-130 лет)
Магний	0,42	↓	ммоль/л	0,66-1,07 ммоль/л
АСТ	51	↑	Е/л	11-34 Е/л
АЛТ	51	↑	Е/л	0-44 Е/л
ГГТП	34		Е/л	12-55 Е/л
КК	172,8		Е/л	30-200 Е/л
КК-МВ	38,2	↑	Е/л	менее 25 Е/л
КК ratio	22,106		%	
С-реактивный белок	12,7	↑	мг/л	0-5 мг/л

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Смотри QR-код

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ИНОСТРАННЫХ УЧАЩИХСЯ

Смотри QR-код

ОГЛАВЛЕНИЕ

Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории 3

Структура, функции, свойства белков и пептидов. Методы исследования белков 4

Занятие 1. Введение в практикум. Введение в биохимию. Строение пептидов. Количественное определение содержания белка в биологических жидкостях 4

Занятие 2. Уровни структурной организации белковых молекул. Физико-химические свойства белков. Реакции осаждения белков 9

Занятие 3. Методы разделения, выделения и очистки белков. Сложные белки. Гель-фильтрация 17

Ферменты 23

Занятие 4. Ферменты. Классификация, строение, свойства. Влияние различных факторов на активность ферментов 23

Занятие 5. Регуляция действия ферментов. Количественное определение активности ферментов 31

Занятие 6. Коллоквиум по темам «Химия белков», «Ферменты» 38

Введение в метаболизм. Биологическое окисление 41

Занятие 7. Введение в метаболизм. Центральные метаболические пути (окислительное декарбоксилирование ПВК, лимоннокислый цикл Кребса). Изучение функционирования ЦТК 41

Занятие 8. Биологическое окисление. Окислительное фосфорилирование. Пути утилизации кислорода клетками. Изучение окислительного фосфорилирования. Обнаружение оксидоредуктаз 48

Обмен углеводов 56

Занятие 9. Переваривание углеводов. Гликогенез и гликогенолиз. Гликолиз и спиртовое брожение. Обнаружение продуктов спиртового брожения 56

Занятие 10. Пути метаболизма пирувата. Глюконеогенез. Аэробный распад глюкозы до конечных продуктов (CO_2 и H_2O). Количественное определение ПВК в моче 61

Занятие 11. Вторичные пути обмена глюкозы. Метаболизм галактозы, фруктозы, этанола. Количественное определение глюкозы в крови 67

Занятие 12. Коллоквиум по темам «Введение в метаболизм», «Центральные метаболические пути», «Биологическое окисление», «Окислительное фосфорилирование», «Обмен углеводов» 75

Обмен липидов.....80
Занятие 13. Обмен липидов: переваривание, всасывание, ресинтез. Транспорт экзогенных липидов. Определение активности липаз 80
Занятие 14. Транспорт липидов кровью. Обмен холестерола. Депонирование и мобилизация липидов. Количественное определение β-липопротеинов.....88
Занятие 15. Внутриклеточный обмен жирных кислот. Кетоновые тела. Количественное определение холестерола в сыворотке крови.....93
Занятие 16. Коллоквиум по теме «Обмен липидов» 100
Обмен белков..... 104
Занятие 17. Переваривание и всасывание белков. Анализ желудочного сока..... 104
Занятие 18. Внутриклеточный обмен аминокислот. Обезвреживание аммиака. Количественное определение остаточного азота крови и мочевины в моче. Нарушения аминокислотного обмена..... 111
Обмен нуклеопротеинов. Методы молекулярной биологии 119
Занятие 19. Обмен нуклеопротеинов. Определение содержания мочевой кислоты и общего азота в моче..... 119
Занятие 20. Матричные биосинтезы (синтез ДНК, РНК, белков). Современные методы молекулярной биологии. Анализ продуктов гидролиза нуклеопротеинов..... 126
Занятие 21. Коллоквиум по темам «Обмен простых белков и нуклеопротеинов», «Биосинтез ДНК, РНК и белка»..... 134
Биохимия гормонов 137
Занятие 22. Гормоны. Общая характеристика и особенности биологического действия гормонов. Качественные реакции на гормоны..... 137
Занятие 23. Биохимия гормонов. Тест на толерантность к глюкозе..... 145
Биохимия печени. Интеграция метаболизма 154
Занятие 24. Биохимия печени. Исследование коллоидной устойчивости белков и определение содержания общего билирубина в сыворотке крови 154
Занятие 25. Интеграция метаболизма. Влияние гормонов на уровень глюкозы в крови 163
Занятие 26. Коллоквиум по темам «Гормоны», «Биохимия печени», «Интеграция метаболизма»..... 168
Биохимия крови..... 172
Занятие 27. Белки крови. Дыхательная функция крови. Гемоглобинозы. Разделение белков сыворотки крови методом электрофореза на ацетилцеллюлозе 172
Занятие 28. Система гемостаза. Определение содержания кальция и хлоридов в плазме крови..... 183

Биохимия питания 190
Занятие 29. Биохимия питания. Биологическая роль белков, жиров, углеводов, витаминов. Качественные реакции на витамины. Определение содержания витамина С в моче 190
Занятие 30. Биохимия питания. Минеральные вещества. Регуляция водно-электролитного баланса. Определение содержания натрия и калия в сыворотке крови 199
Занятие 31. Коллоквиум по темам «Биохимия крови», «Биохимия питания», «Водно-минеральный обмен» 205
Биохимия мочи 209
Занятие 32. Биохимия мочи. Определение физиологических и патологических компонентов мочи 209
Занятие 33. Контроль практических навыков биохимического анализа. Количественное определение общего белка и холестерола в сыворотке крови 219
Занятие 34. Контроль практических навыков биохимического анализа. Анализ желудочного сока и мочи 220
Примеры клинических задач для подготовки к экзамену 222
Вопросы для подготовки к экзамену по биологической химии 229
Экзаменационные вопросы по биологической химии для медицинского факультета иностранных учащихся 229